

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА



Ф.И. ЧЕСТНОВ

Загадка ионосферы



НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА
ВЫПУСК 70

Ф. И. ЧЕСТНОВ

ЗАГАДКА ИОНОСФЕРЫ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА 1954

Ф. И. Честнов. Загадка ионосферы.

Редактор **Д. А. Катренко.**

Техн. редактор **Р. А. Негримовская.**

Корректор **Ц. С. Варшавская.**

Сдано в набор 24 III 1954 г. Подписано к печати 12 V 1954 г. Бумага 84×108/32
Физ. печ. л. 1,75. Условн. печ. л. 2,87. Уч.-изд. л. 2,72. Тираж 100 000 экз. Т-03142.
Цена книги 80 к. Заказ 1163.

Государственное издательство технико-теоретической литературы.
Москва, Б. Калужская, 15.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова Союзполиграфпрома
Главиздата Министерства культуры СССР. Москва, Валовая, 28.



ВВЕДЕНИЕ

Нашу планету окружает воздушный океан, называемый атмосферой. Воздух необходим для жизни человека, животных и растений. Недаром сложилась поговорка: «Нужен, как воздух».

Воздух предохраняет землю от палящих лучей Солнца днём и от чрезмерного её охлаждения ночью. В атмосфере происходят такие явления погоды, как ветер, осадки, грозы; в воздухе возникают звуки. Много других явлений в природе связано с воздухом.

Люди издавна стремились изучить атмосферу. Наука об атмосфере и происходящих в ней явлениях — метеорология — имеет многовековую историю.

Изучение нижнего слоя воздушной оболочки Земли более доступно, чем исследование её на больших высотах. Измерить температуру и влажность воздуха, силу и направление ветра у земной поверхности и даже на некоторой высоте нетрудно. Такие измерения теперь производятся систематически несколько раз в сутки во многих пунктах. На основании этих измерений делаются предсказания погоды.

Но учёные не ограничиваются теперь только исследованием явлений, происходящих на дне воздушного океана. Они стремятся разгадать причины атмосферных явлений, происходящих на таких высотах, которые пока ещё человеку не доступны.

Часть атмосферы, расположенную выше 70—80 километров над поверхностью Земли, называют ионосферой.

Исследования показали, что на большой высоте воздух проявляет не такие свойства, как у земной поверхности. Красивые полярные сияния, мощные магнитные бури, отражение радиоволн — всё это рождается, возникает в ионосфере. Изучение ионосферы даёт возможность выявить закономерности некоторых процессов, происходящих на Солнце, позволяет понять причины изменений магнитного поля Земли, помогает использовать этот верхний слой воздушной оболочки нашей планеты для радиосвязи на больших расстояниях.

Рассказу об ионосфере, о явлениях, которые там происходят, и посвящена эта брошюра.

РОЖДЕНИЕ ИОНОВ

Известно, что чем выше, тем воздух всё более и более разрежён, плотность его становится всё меньше и меньше. Чем выше поднимается человек, тем труднее ему дышать, «нехватает воздуха». Поэтому лётчики высотной авиации пользуются специальными кислородными приборами. Однако это не значит, что атмосфера кончается на небольшой высоте от поверхности земли. Установлено, что воздушный слой простирается ввысь более чем на тысячу километров. Далее атмосфера постепенно переходит в безвоздушное пространство.

В ионосфере электрические свойства воздуха совсем иные, чем в нижней части атмосферы — тропосфере и стратосфере *); там воздух проводит электрический ток.

Чем это объясняется?

Газы, из смеси которых состоит воздух, как и все окружающие нас вещества, построены из отдельных, очень маленьких материальных частиц, называемых молекулами. Молекулы разных веществ различны. Но все они настолько малы, что их размеры даже трудно себе представить. Например, в одной водяной капле молекул не меньше, чем капель воды в Чёрном море! А в одном кубическом сантиметре воздуха содержится 27 000 000 000 000 000 000 молекул различных газов (азота, кислорода и др.).

*) Тропосфера — самый нижний слой атмосферы, простирающийся на высоту 9—17 км от земной поверхности; стратосфера расположена над тропосферой до высоты 70—80 км.

Молекулы, в свою очередь, построены из ещё более мелких частиц, называемых атомами. Например, молекула газа азота состоит из двух атомов азота; молекула газа кислорода состоит из двух атомов кислорода; молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода; молекула поваренной соли состоит из одного атома натрия и одного атома хлора.

Долгое время атом считали такой частицей, которую разделить на более мелкие уже нельзя. Даже само слово «атом» в переводе с греческого означает «неделимый».

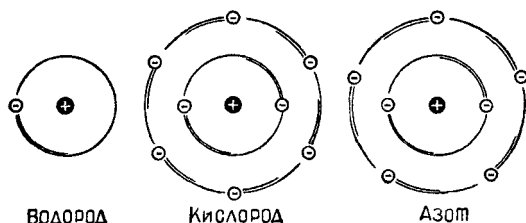


Рис. 1. Упрощённая схема строения атомов.

Однако теперь доказано, что атомы можно разделить, так как они состоят из ещё более мелких частиц — электронов, протонов и нейтронов (рис. 1). Электроны несут отрицательный электрический заряд (обозначаемый знаком «минус»), протоны — положительный (знак «плюс»), а нейтроны никакого электрического заряда не имеют. В центре атома находится очень малое по размеру тяжёлое ядро, состоящее из протонов и нейтронов. Вокруг ядра на некотором расстоянии от него обращаются электроны, которые образуют электронную оболочку атома.

Атом весьма устойчив, так как электроны и ядро связаны между собой силами электрического притяжения. Ядро имеет положительный электрический заряд, а электронная оболочка — отрицательный.

Несмотря на то, что отдельные части атома обладают электрическими зарядами, в целом атом в нормальном состоянии электрически нейтрален; он не имеет заряда, так как положительный заряд ядра уравнивается таким же по величине отрицательным зарядом всех электронов, которые входят в состав атома. Величина заряда ядра

различна у разных атомов. У атома водорода заряд принят равным 1; у атома кислорода он равен 8, и т. д.

То же самое можно сказать и о молекуле. Она так же, как и атом, в нормальном состоянии электрически нейтральна.

Однако электрически нейтральные атом или молекула могут терять один или несколько электронов; тогда они становятся положительно заряженными. Наоборот, если к электронейтральному атому или молекуле присоединятся лишние электроны, то эти частицы станут отрицательно заряженными.

Атомы или молекулы, имеющие электрический заряд, называются ионами.

Если в газе есть свободные электроны, а также ионы, то он проводит электрический ток; если же их нет, то газ не проводит электрического тока. Окружающий нас воздух является хорошим электрическим изолятором именно потому, что в нём почти нет свободных электронов и ионов.

Совсем другое дело на большой высоте — там имеется сравнительно много таких атомов и молекул, которые потеряли один или несколько электронов. Свободный же электрон, двигаясь между частицами воздуха, может быть захвачен нейтральным атомом или молекулой.

Так как в высоких слоях атмосферы имеются свободные электроны, а также положительно и отрицательно заряженные ионы, воздух в ионосфере проводит электрический ток. Процесс отщепления электронов от нейтральных атомов или молекул называют ионизацией.

Изучение процесса ионизации представляет большой научный интерес и ведёт к важным следствиям. В самом деле, любой атом или молекула — это чрезвычайно устойчивая группировка мельчайших материальных частиц. Электроны каждого атома прочно удерживаются у положительно заряженного ядра силами электрического притяжения и при нормальных условиях не могут оторваться от ядра.

Что же заставляет электрон покинуть атом или молекулу, с которыми он так прочно связан?

В ионосфере это происходит под действием излучения Солнца.

В мощном потоке лучей солнечного света есть невидимые лучи, под действием которых наша кожа покрывается

коричневым загаром. Это — ультрафиолетовые лучи. В больших дозах они могут убить живой организм. От губительного действия ультрафиолетовых лучей нас предохраняет атмосфера. Она почти не задерживает видимого света, но ультрафиолетовых лучей пропускает к Земле только очень небольшое количество. Большая часть этих лучей совсем не доходит до земной поверхности потому,

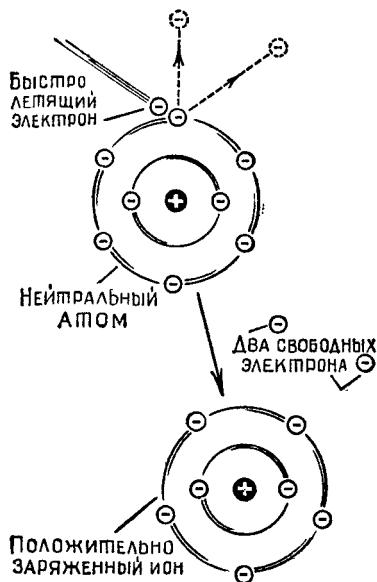


Рис. 2. Примерная схема ионизации атома.

что их поглощают частицы газа в верхней части атмосферы. Энергия этих лучей расходуется на ионизацию молекул и атомов газов ионосферы. Таким путём и появляются в верхней части атмосферы электрически заряженные частицы — электроны и ионы.

Но ультрафиолетовые лучи Солнца — не единственная причина ионизации верхних слоёв земной атмосферы. Ночью мы видим на небе бесчисленное множество звёзд. А каждая звезда — это тоже солнце и часто значительно большее по размерам, чем наше Солнце. Некоторые из них нагреты гораздо сильнее, чем Солнце, и поэтому их излу-

чение богаче ультрафиолетовыми лучами, способными вызывать ионизацию. Однако эти гигантские светила находятся так далеко от Земли, что их ионизирующее действие на земную атмосферу в тысячу раз слабее действия нашего Солнца. И всё-таки ионизирующим действием ультрафиолетовых лучей звёзд нельзя пренебречь, особенно в период долгих зимних ночей.

Кроме лучей Солнце выбрасывает в пространство огромное количество электронов, ионов и нейтральных атомов. Этот поток мельчайших частиц также производит ионизацию верхних слоёв атмосферы (рис. 2).

Что же происходит с электронами и ионами, образовавшимися в ионосфере?

Частицы воздуха находятся в постоянном движении. Они быстро перемещаются в различных направлениях, сталкиваются и, отскочив в разные стороны, продолжают свой безостановочный бег, пока каждая из них снова не наскочит на такую же быстро мчащуюся частицу. В этих столкновениях участвуют, конечно, и частицы, получающиеся при ионизации, — ионы и электроны.

Может случиться, что какой-нибудь свободный, блуждающий электрон окажется вблизи положительно заряженного иона. Частицы притянутся одна к другой, электрон займёт место во встречном ионе, и в результате снова возникнут нейтральные атом или молекула. Но свободный электрон может наскочить и на нейтральную частицу, «примкнуть» к ней. Тогда получится отрицательно заряженный ион. Образовавшийся ион может встретиться с положительно заряженным ионом. Произойдёт обмен зарядами. Наш электрон перейдёт к другому иону и в результате получатся две нейтральные частицы.

Все эти превращения ведут к тому, что количество свободных электронов, полученных при ионизации, уменьшается. Таким образом в противовес ионизации в верхних слоях атмосферы всё время идёт и обратный процесс — воссоединение ионов и электронов.

На разной высоте это происходит по-разному. В низких, довольно плотных слоях атмосферы столкновения частиц происходят чаще и воссоединение идёт быстрее. В более высоких, разрежённых слоях столкновения частиц реже, и воссоединение ионов и электронов в нейтральные атомы и молекулы идёт очень медленно.

ЧЕТЫРЕ ЯРУСА ИОНОСФЕРЫ

Как и вся жизнь нашей планеты, «жизнь» ионосферы тесно связана с деятельностью Солнца. Чередование времён года, смена дня и ночи приводят к тому, что действие солнечного излучения на воздушный слой меняется: оно то ослабевает, то усиливается. Это отражается и на состоянии ионосферы: количество ионизированных газовых частиц в ней то увеличивается, то уменьшается.

При солнечном освещении ионизация идёт во всех воздушных слоях, но степень её различна. У самого верхнего края атмосферы, где воздух чрезвычайно разрежён, количество ионов не может быть значительным; у земной поверхности плотность воздуха наибольшая, но зато поток лучей и частиц, вызывающих ионизацию, туда почти не доходит. Наиболее интенсивно процесс ионизации идёт в средних слоях атмосферы, где воздух не столь разрежён и куда ультрафиолетовое излучение проникает почти не ослабленным.

Многолетними исследованиями установлено, что в ионосфере есть четыре главных слоя (рис. 3). Их принято обозначать буквами латинского алфавита D , E , F_1 и F_2 .

Слой D образуется только днём; высота его над землёй 70 километров; он ещё мало изучен.

Выше слоя D расположен более ионизированный слой E ; он самый устойчивый среди всех слоёв ионосферы; высота его над землёй примерно 110 километров.

Дальше находится слой F_1 , который расположен на высоте около 200 километров; он появляется только днём преимущественно летом; ночью же в летние месяцы, а также зимой он сливается с вышележащим слоем.

На высоте 250—400 километров расположен весьма неустойчивый слой F_2 .

Каковы состав воздуха и его плотность в верхних слоях, высока ли его температура, как идёт ионизация, с какой силой дуют там ветры, почему там возникают некоторые явления, которые не наблюдаются внизу?

М. В. Ломоносов, положивший начало метеорологии, первый указал на необходимость изучения высоких слоёв атмосферы. Советские учёные разработали ряд способов исследования слоёв атмосферы, удалённых на десятки и сотни километров от поверхности земли.

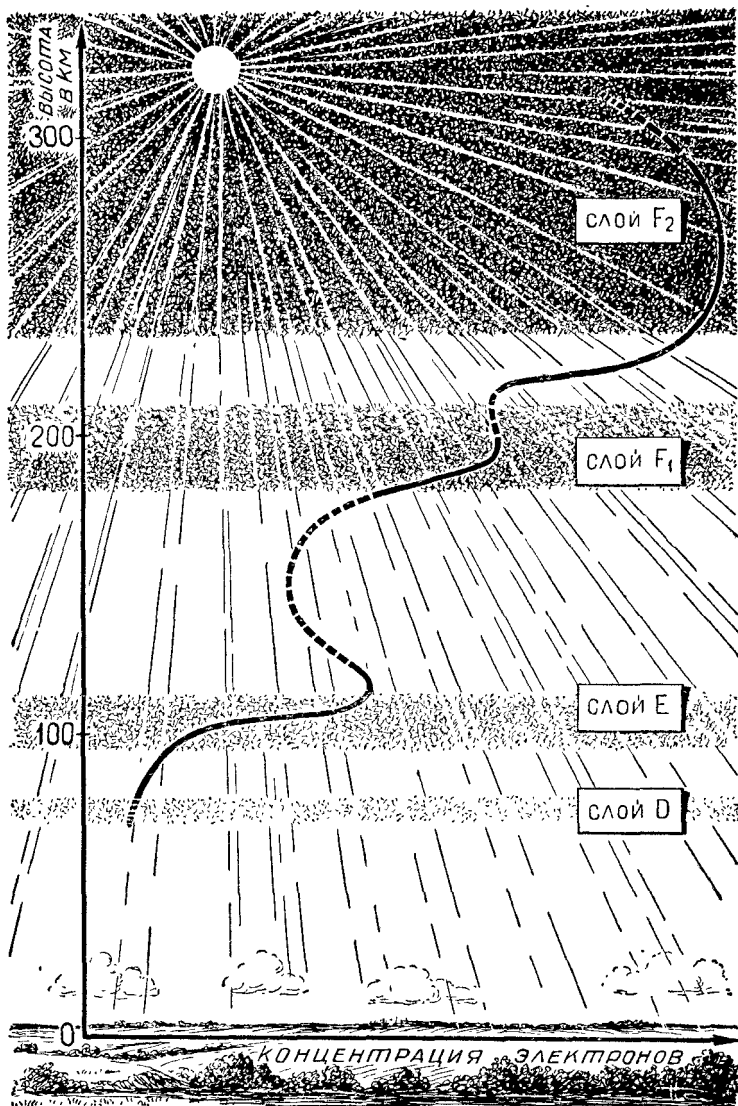


Рис. 3. Строение ионосферы. Ориентировочная кривая показывает, как меняется количество свободных электронов в единице объема воздуха в зависимости от высоты над землей.

Один из таких способов разведки верхних воздушных слоёв создал и широко использовал академик В. Г. Фесенков. Он предложил исследовать сумеречный свет — свет, попадающий на землю, когда Солнце скрылось за горизонтом (вечером) или перед восходом Солнца (утром).

ПОЧЕМУ СВЕТЛО В СУМЕРКИ

Задумывались ли вы над тем, почему после заката, когда последние солнечные лучи скрылись за горизонтом, на земле всё ещё довольно светло? Что это за свет?

Свет этот падает с неба. Хотя наша часть земной поверхности и попала уже в область тени, Солнце ещё продолжает освещать верхние слои воздуха. Встречая на своём пути газовые частицы, солнечные лучи рассеиваются во все стороны и часть их попадает к нам. Значит, в сумерки нам продолжает светить то же Солнце, но его лучи доходят до нас не прямым, а обходным путём — в виде рассеянного света.

Рассеянный свет возникает не только в сумерки, но и днём. Мы прекрасно видим, находясь в тени или в комнате с окнами на север, куда прямые солнечные лучи не попадают. Нам помогает свет, рассеянный частицами воздуха. В сумерки рассеянный свет смягчает переход от дня к ночи; благодаря этому темнота наступает не сразу.

Вот этот период и используется учёными для наблюдений. Рассеянный свет, пропускаемый через специальные приборы, помогает раскрыть физическое состояние высоких слоёв атмосферы.

Прежде всего очень важно установить, как изменяется яркость сумеречного неба. После того, как зашло Солнце, яркость неба становится всё меньше и меньше (рис. 4). Та часть земной поверхности, где находится наблюдатель, постепенно удаляется в область более глубокой тени. Земля, продолжая вращение вокруг своей оси, затеняет всё более и более высокие воздушные слои, солнечные лучи освещают всё меньшую часть атмосферы, расположенной над наблюдателем. Количество частиц, рассеивающих свет, всё время уменьшается и на Землю попадает всё меньше света.

Наконец, наступает такой момент, когда солнечные лучи не попадают даже в самые верхние слои атмосферы; сумерки сменяются ночью. В этот момент прямые солнечные лучи пересекают надземное пространство уже на такой высоте, где газовых частиц нет или их чрезвычайно мало. Если в это время определить высоту нижнего края лучей заходящего солнца, то можно будет узнать, до какой высоты простирается воздушная оболочка земли.

Точными измерениями и вычислениями найдено, что наиболее удалённый слой воздуха, посылающий основную

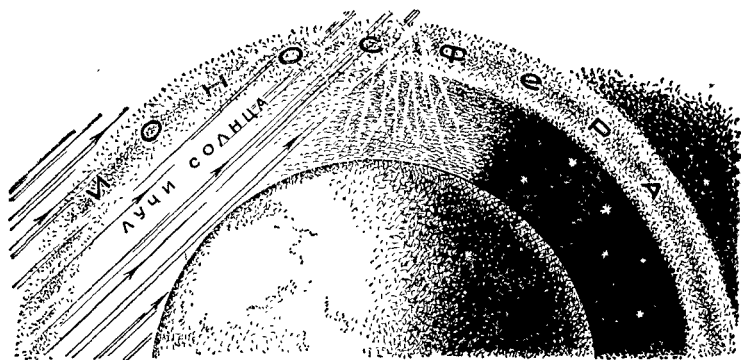


Рис. 4. После заката Солнца тень Земли постепенно закрывает всё более и более высокие воздушные слои над наблюдателем; сумерки сгущаются; затем наступает ночь.

долю сумеречного света, находится на высоте около 280 километров.

Наблюдая за тем, как меняется яркость неба после заката Солнца, учёные узнают также особенности строения атмосферы на разных высотах. По изменению яркости неба в сумерки судят о плотности воздуха на разных высотах атмосферы. А зная плотность, учёные определяют давление и температуру воздуха. Так, например, измерения, произведённые в 1946 году сотрудниками Абастуманской обсерватории Грузинской Академии наук, дали возможность определить плотность воздуха до высоты, превышающей 250 километров. А по этим данным вычислили температуру. Оказалось, что в верхних слоях атмосферы воздух очень сильно нагрет. Расчёты показали, что температура на высоте 200 километров достигает $+600^{\circ}$.

О ЧЁМ РАССКАЗЫВАЕТ СВЕТ НОЧНОГО НЕБА

Яркость звёздного неба в безлунную ночь кажется довольно слабой. Однако точные её измерения дали неожиданные результаты. Приборы показали, что в безлунную ночь небо имеет яркость, примерно в два раза большую той яркости, которую ему дают все звёзды, планеты и туманности.

Откуда же идёт этот добавочный свет? Удалось выяснить, что его создаёт сама земная атмосфера. Академик

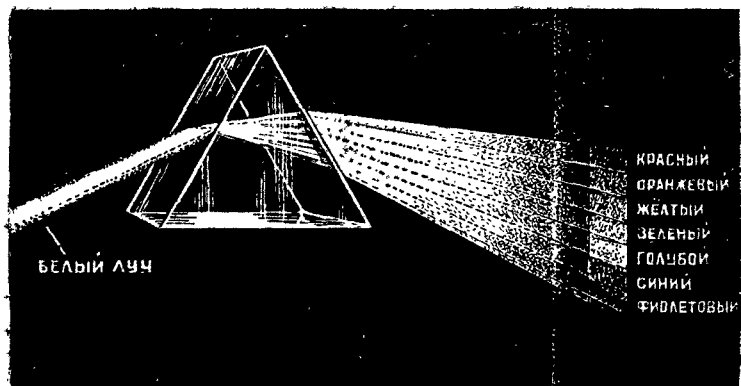


Рис. 5. Стекла́нная призма разлагает солнечный свет на его составные части; получается радужная полоска — спектр.

В. Г. Фесенков в 1946 году определил, что излучающий слой атмосферы находится на высоте около 270 километров.

Таким образом свечение ночного неба открыло новую возможность для изучения ионосферы. Большую помощь оказывает здесь спектральный анализ. Исследование спектра света, рождающегося в недрах самой ионосферы, позволяет определять химический состав воздуха в ионосфере. Луч света, пусть даже очень слабый, может довольно подробно «рассказать» о среде, где он возник.

Что же такое спектр?

Если пучок солнечных лучей пропустить через стеклянную трёхгранную призму, с ним произойдут очень интересные превращения (рис. 5). Вместо белого светового

пучка на экране, поставленном на пути лучей за призмой, мы увидим разноцветную полоску. Здесь будут все основные цвета радуги: красный, оранжевый, жёлтый, зелёный, голубой, синий, фиолетовый. Каждый из этих цветов постепенно переходит в соседний. Это и есть спектр — в данном случае спектр солнечного излучения.

Что произошло со световым пучком? Почему он разделился на полосы и получил окраску?

Можно подумать, что появление различных цветов вызвано стеклянной призмой. На самом деле призма ничего не добавила к тому свету, который через неё проходит. Она лишь «рассортировала» и направила по различным путям лучи разного цвета, имеющиеся в составе белого светового пучка.

Человеческий глаз не замечает отдельных цветов, входящих в этот пучок, когда они перемешаны. Но призма отклоняет луч каждого цвета по-разному: меньше всего красный, больше всего фиолетовый. В результате цветные лучи по выходе из призмы не накладываются друг на друга, а ложатся рядом. Белый свет разлагается на свои составные части и получается радужная полоска.

Замечательно то, что раскалённые твёрдые и жидкие тела создают непрерывный спектр, состоящий из всех цветов радуги, а спектр светящихся паров и газов, находящихся при нормальном давлении или в разрежённом состоянии, имеет обычно несколько цветных линий, различных для каждого вещества.

Таким образом, изучив спектр, можно определить химический состав вещества, излучающего свет, получить его своеобразный паспорт. По спектру учёные устанавливают составные части смесей и сплавов, раскрывают химический состав Солнца и звёзд, определяют, какие газы находятся в верхних слоях нашей атмосферы *).

Каким образом возникает свечение воздуха на больших высотах? Многие учёные объясняют это так.

Газовые частицы ионизируются ультрафиолетовыми лучами (рис. 6). Одновременно с этим процессом в верхних слоях атмосферы под влиянием солнечного излучения происходит разложение молекул газов, из которых состоит

*) Подробнее о спектральном анализе можно прочесть в книге «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: С. Г. Суворов, О чём говорит луч света, 1953 г.

воздух, на их составные части — атомы. На это затрачивается некоторая доля энергии, которую посылает нам Солнце. Помимо расщепления частиц газов воздуха, идёт и их воссоединение: оторвавшиеся электроны опять примы-

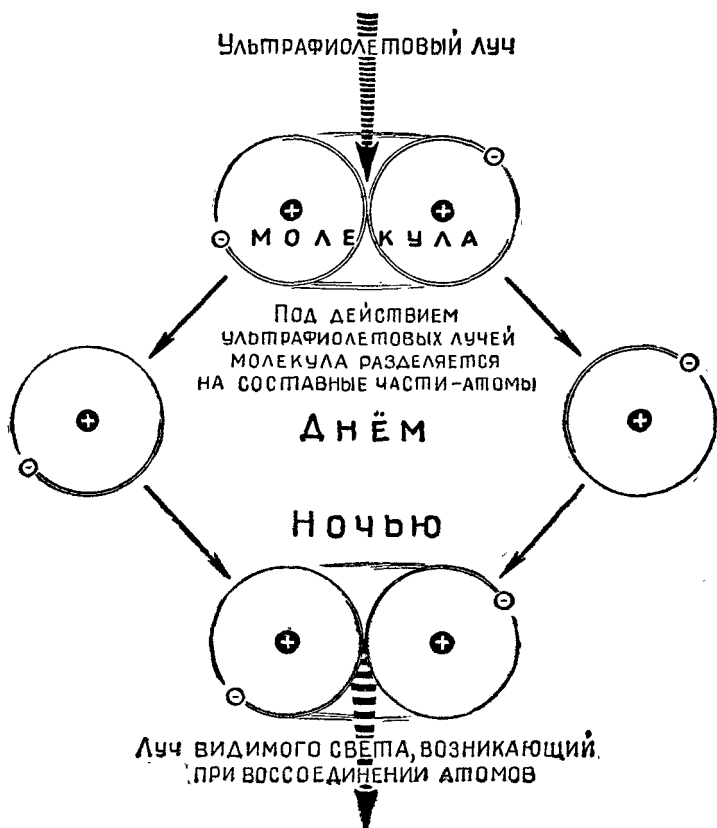


Рис. 6. Схема, поясняющая происхождение светимости верхних слоёв атмосферы в ночное время.

кают к атомам, атомы вновь группируются в молекулы. В этом случае энергия выделяется в форме видимого света. А по спектру можно узнать вещество, излучающее свет. Таким образом по спектру ночного неба определяют род атомов и молекул, вызывающих данное свечение.

Исследования академика В. Г. Фесенкова, профессора И. А. Хвостикова и других советских учёных, разработавших этот способ изучения атмосферы, дали уже очень ценные сведения.

Раньше предполагали, что верхние воздушные слои состоят в основном из самых лёгких газов: водорода и гелия. Изучение спектра ночного неба показало, что лёгких газов на большой высоте почти нет. Как и внизу, воздух там состоит в основном из азота и кислорода. Объясняется это тем, что в ионосфере, как и во всей атмосфере, имеются сильные воздушные течения. А это препятствует расслоению воздуха на тяжёлые и лёгкие газы.

Таким образом, установлено, что атмосфера Земли во всей своей огромной толще имеет в основном одинаковый, азотно-кислородный состав.

ПОЛЯРНЫЕ СИЯНИЯ

Среди всех явлений, которые разыгрываются в ионосфере, наиболее величественными являются полярные сияния. Они происходят главным образом вблизи полюсов Земли. У нас они наблюдаются на севере, особенно часто за полярным кругом.

«Сколько мы видели полярных сияний — подсчитать невозможно, — рассказывает известный полярный путешественник Г. А. Ушаков. — Как правило, в один и тот же день, даже в одно и то же мгновение, на небе вспыхивало сразу несколько сияний, различных по форме, по окраске и по высоте, чтобы в следующее мгновение заменились другими. Они наблюдались нами весь период полярной ночи, а также весной и осенью, когда чередуются дни и ночи. В ясную погоду у нас были периоды, когда всё небо горело непрерывно на протяжении нескольких суток «днём» и ночью. Чего только мы не насмотрелись! Каких форм сияния не видели! Здесь были и дуги — то неподвижные, то медленно сжимающиеся, то растягивающиеся; были и спокойные светящиеся полосы, напоминающие Млечный Путь; возникали и грандиозные, торжественно колеблющиеся занавесы, охватывающие сразу половину небосвода; вспыхивали тысячи и тысячи лучей, напоминающих по форме копья; они то загорались и гасли, то быстрыми молниями летели к какой-то одной точке

около зенита, то шарили по небу, словно щупальцы прожекторов; видели мы и неуловимые по форме световые облака и несущиеся по небу волны света. Неисчислимые, горевшие сказочным светом сияния полыхали на небе, влекли к себе взгляд».

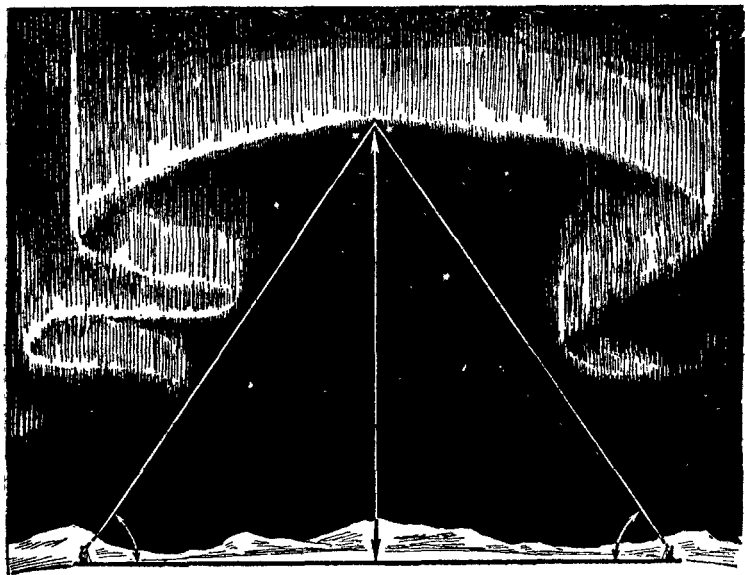


Рис. 7. Полярное сияние. Измерив углы, под которыми видно полярное сияние из двух пунктов, и зная расстояние между этими пунктами, находят высоту сияния.

Полярные сияния (рис. 7) издавна привлекали к себе внимание, и люди пытались узнать причину этого замечательного явления.

Религиозные люди считали их «небесными знамениями», предвещающими какие-нибудь бедствия. Наука же, основываясь на своих заключениях на всестороннем изучении природы, объясняет, что ничего таинственного в возникновении сияний нет. Перед нами сложное электрическое явление, которое разыгрывается в верхних разреженных слоях атмосферы.

Начало изучению полярных сияний положил М. В. Ломоносов, детство и юность которого прошли на севере, на

берегу Белого моря, где часто бывают полярные сияния. Причудливая игра света на ночном небосклоне глубоко заинтересовала юного Ломоносова. Он внимательно наблюдал полярные сияния, наиболее интересные из них зарисовывал и описывал. Он первый правильно определил высоту сияний.

Полярные сияния повторяются наиболее часто в северном полушарии на линии, пересекающей Новую Землю, северную оконечность Скандинавского полуострова, южную Исландию, Гренландию, Аляску и северное побережье Сибири. Здесь полярные сияния наблюдаются около 100 раз в течение года. Чем дальше на юг, тем они повторяются реже и проявляются слабее. В Ленинграде их видят примерно пять раз, в Москве 1—2 раза в год. Иногда полярными сияниями любуются и южане. Например, в Крыму полярное сияние видели в 1938, 1940, 1941 и 1943 годах. В августе 1941 года его наблюдали в районе Алма-Аты. А северное сияние, разыгравшееся 25 января 1909 г., было заметно даже у экватора.

В определении высоты, на которой происходят полярные сияния, помогает фотография. В двух пунктах, удалённых друг от друга на десять — пятьдесят километров, устанавливают аппараты и одновременно фотографируют сияние. Зная расстояние между пунктами и два направления на одну и ту же точку неба, определяют высоту. Расчёты показали, что нижняя граница полярного сияния чаще всего находится на высоте 100—110 километров. Чем оно сильнее, тем ниже опускается. Верхняя граница сияния очень часто находится на высоте 300—350 километров, реже на высоте 400—600, а иногда и 1000—1100 километров.

Интересные и весьма ценные научные результаты дают исследования спектра полярных сияний. Большую роль в развитии этого способа изучения ионосферы сыграли академики С. И. Вавилов и В. Г. Фесенков.

Попавшие в спектроскоп световые лучи (рис. 8) раскрывают перед учёным свою «биографию». По цветным линиям и полоскам он узнаёт, в какой среде они рождаются. Это очень надёжные источники для определения состава и состояния ионосферы.

По спектральной картине определяют не только название породившего её газа, но и узнают, в каком состоя-

нии находятся атомы и молекулы — в нейтральном или ионизированном. А ширина спектральных линий и полос даёт сведения о температуре.

Оказалось, что спектр полярных сияний весьма сходен со спектром свечения ночного неба. А это подтверждает, что атмосфера нашей Земли до самых больших высот состоит из кислорода и азота.

Представляло интерес выяснить, в каком виде находятся кислород и азот в верхних слоях атмосферы — в виде молекул или атомов.

Было замечено, что в спектрах полярных сияний особенно ярко проступают зелёная и красная линии. Удалось выяснить, что эти лучи принадлежат кислороду, находящемуся в виде атомов, а не молекул. Таким образом,

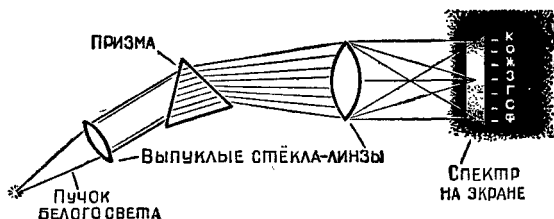


Рис. 8. Схема разложения света в спектроскопе.

зелёная и красная линии показали, что молекулы кислорода на большой высоте разделены на свои составляющие — атомы. Это подтвердило догадку о том, что солнечное излучение производит не только ионизацию, но и разбивает молекулы на атомы. На высоте, превышающей 100 километров, весь кислород находится в таком состоянии.

Иную спектральную картину показал азот. В спектре сияний он даёт систему полос, а не линий. А это явный признак того, что источником излучения являются не атомы, а молекулы, то-есть азот находится там в таком же состоянии, как и у поверхности Земли. Однако в последнее время в спектрах полярных сияний обнаружены линии, которые, по предположению учёных, создаются свечением атомов азота. Возможно, что молекулы азота в самых верхних воздушных слоях тоже распадаются на атомы.

Первое научное объяснение происхождения полярного сияния дал М. В. Ломоносов. В работе «Слово о явлениях воздушных, от электрической силы происходящих» (1753 год), Ломоносов дал теорию атмосферного электричества, которая в основном подтверждена современной наукой. Он утверждал, что полярное сияние порождается электрическими силами. Воздействуя этими силами на разрежённый воздух в небольшом стеклянном шаре, он получал свечение, похожее на полярное сияние.

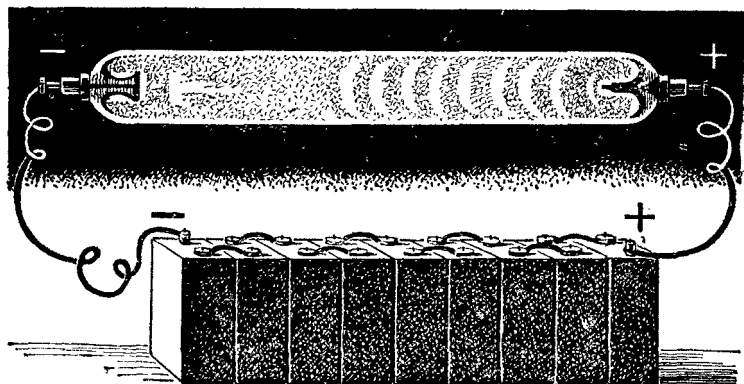


Рис. 9. Под действием сил электрического поля через трубку с разрежённым газом течёт электрический ток, который вызывает свечение газа в трубке.

Опыт Ломоносова неоднократно повторяли другие учёные. Они брали наглухо закрытую стеклянную трубку (рис. 9) и убеждались, что ток течёт только тогда, когда в трубке создаётся разрежение (вакуум). При обычном атмосферном давлении газа в трубке электрический ток не течёт. В чём же дело?

Ток представляет собой движение электрических зарядов. А мы уже знаем, что молекулы газов воздуха при нормальных условиях почти все нейтральны, т. е. в этом случае в воздухе нет достаточного количества ионов и свободных электронов. Поэтому при обычном атмосферном давлении воздуха в трубке электрический ток не течёт. Иная будет картина, если в ней находится разрежённый

воздух. В этом случае в трубке, подключённой к источнику тока, может появиться большое количество электронов и ионизированных молекул.

Для начала ионизации в трубке достаточно самого незначительного количества ионов и электронов. Они появляются под влиянием излучений радиоактивных веществ, под действием космических лучей и других причин.

Под действием электрических сил заряженные частицы в разрежённом воздухе трубки беспрепятственно пробегают сравнительно большой путь. Такие частицы, встретив нейтральные молекулы газа, ионизируют их. Возникшие при этом новые заряженные частицы в свою очередь будут ионизировать встречные молекулы газа. В результате количество ионов и электронов быстро увеличивается и в трубке возникает электрический ток.

Помимо ионизации в трубке с разрежённым газом происходит и другой, не менее интересный процесс. Быстро движущиеся электроны и ионы при столкновениях с газовыми частицами приводят их в возбуждённое состояние, и они начинают излучать свет. При прохождении тока заключённый в трубке разрежённый газ светится.

Примерно такие же процессы происходят и в ионосфере во время полярных сияний. Солнечные корпускулы, влетая в земную атмосферу, вызывают ионизацию; сталкиваясь с частицами воздуха, они возбуждают их и заставляют светиться. Так возникает полярное сияние.

Почему сияния происходят главным образом в полярных областях?

Потому, что земной шар представляет собой гигантский магнит, полюсы которого расположены вблизи от географических полюсов Земли — северного и южного (рис. 10). Подобно любому магниту Земля окружена магнитным силовым полем. В пространстве вокруг неё действуют магнитные силы. Они-то и отклоняют летящие с Солнца электроны и ионы от прямолинейного пути. В результате эти частицы попадают в полярные области.

Даже небольшое изменение магнитных сил Земли сказывается на движении электронов. Потоки летящих электронов направляются то по одному, то по другому пути, и наблюдатель полярного сияния видит в небе быстрые перемещения световых дуг и лучей, разноцветных полос и лент.

Современная теория полярных сияний подтверждена интересным опытом. Небольшой шар, представляющий модель Земли, покрыли веществом, светящимся под ударами электронов, и поместили в сосуд с разрежённым газом. Когда на этот шар направили электронный поток, на его поверхности, обращённой к потоку, вспыхнул свет, одинаковый во всех точках.

Затем шар намагнитили и картина резко изменилась. В пространстве, окружающем шар, возникло магнитное

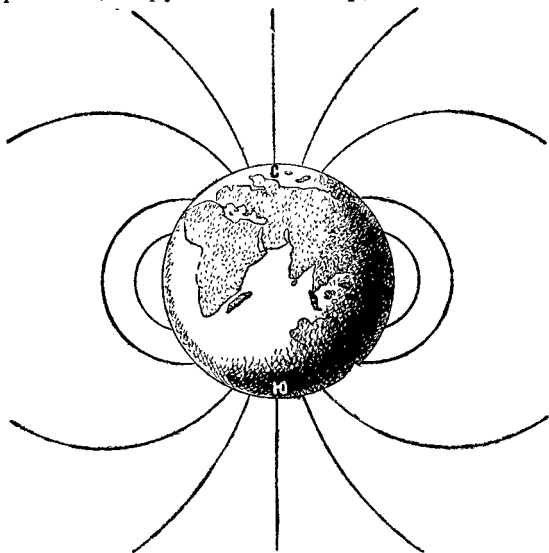


Рис. 10. Земля представляет собой гигантский магнит и подобно любому магниту окружена магнитным силовым полем. Линии указывают направления, по которым действуют силы магнитного поля Земли.

поле, которое действовало на летящие заряженные частицы так же, как действует на них магнитное поле Земли. Теперь электроны падали на шар не равномерно, а группировались вокруг его полюсов. Об этом убедительно говорили световые кольцевые полосы, окружавшие оба полюса.

Несмотря на то, что наука установила электрическую природу полярных сияний, многое в этом сложном явлении предстоит ещё выяснить. Поэтому учёные продолжают изучать полярные сияния.

БУРИ В ИОНОСФЕРЕ

Потоки материальных частиц, летящих к нам с Солнца, порождают ещё одно, хотя и не видимое, но не менее грандиозное явление — изменение магнитного поля Земли.

Все видели компас. Магнитная стрелка компаса показывает одним концом на север, другим — на юг. Где бы мы ни оказались, она поможет определить страны света и выбрать верное направление движения.

Магнитная стрелка подчиняется действию магнитного поля Земли. Если это поле спокойно, стрелка будет стоять неподвижно, указывая направление Север — Юг. Но так бывает не всегда.

Иногда в течение нескольких часов и даже дней стрелка компаса резко отклоняется от своего нормального положения. В это время ориентироваться по компасу очень трудно, а иногда и совсем невозможно. Такое поведение компаса объясняется резкими изменениями магнитного поля Земли; эти изменения называют магнитными бурями.

В земной коре, в металлических предметах, в том числе и в проводах, под влиянием магнитных бурь возникают электрические токи. Изменяясь беспорядочно, они достигают такой силы, что нарушают работу телеграфа и телефона. Электрическая связь по проводам временами становится невозможной.

Установлено, что магнитные бури происходят наиболее часто и проявляются всего сильнее в полярных районах. Чем ближе к экватору, тем слабее и реже они бывают. Замечено также, что магнитные бури всегда сопровождаются полярными сияниями. Так, например, в январе 1938 года во время интенсивного северного сияния, которое было видно в Крыму и даже в Африке, разразилась сильнейшая магнитная буря, охватившая весь земной шар.

Это подтверждает, что магнитные бури и полярные сияния вызываются одной и той же причиной — вторжением в земную атмосферу солнечных корпускул.

Поток частиц, испускаемых Солнцем, представляет собой электрический ток. А ток всегда порождает в окружающем пространстве магнитное поле. В этом нетрудно убедиться, если магнитную стрелку поднести к проводу

электрической цепи (рис. 11). При включении тока стрелка несколько повернётся, при выключении — опять займёт прежнее положение. Приближаясь к Земле, поток частиц создаёт сильное магнитное поле, которое накладывается на основное магнитное поле Земли, в результате чего и возникают магнитные бури.

За состоянием земного магнитного поля всё время следят учёные при помощи специальных приборов — магнитографов, имеющих лёгкий магнитик, подвешенный на

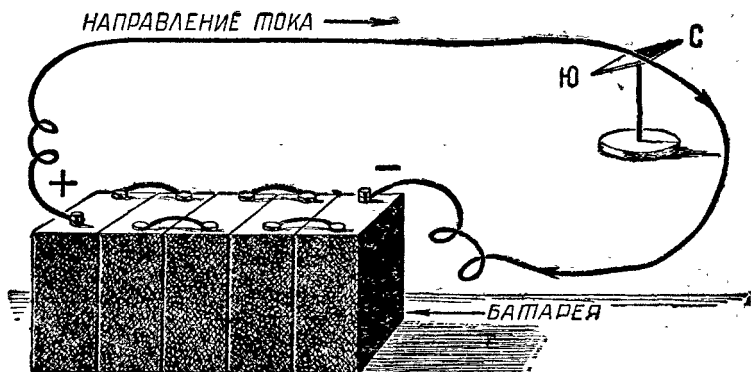


Рис. 11. Силы магнитного поля, возникающего вокруг проводника с током, отклоняют магнитную стрелку.

нити. На фотографической плёнке непрерывно регистрируются изменения в магнитном поле, окружающем Землю (рис. 12).

В спокойные дни магнитограф вычерчивает на плёнке линию с чуть заметными зигзагами. Но как только наступает магнитная буря, магнитик начинает «беспокоиться», давать резкие зигзаги. Линия то круто идёт вверх, то опускается.

Магнитные бури возникают довольно часто. Так, например, в Павловске (близ Ленинграда) с 1878 по 1940 год зарегистрировано 1103 магнитных бури.

Магнитные бури сопровождаются сильными изменениями ионосферы.

Бомбардировка верхних воздушных слоёв солнечными корпускулами приводит к тому, что ионосфера сильно прогревается. Нагретые слои начинают расширяться —

происходит перемещение воздуха. Нормальное строение ионосферы изменяется, особенно в её верхней части. Слой F_2 становится неустойчивым. Этот ионосферный

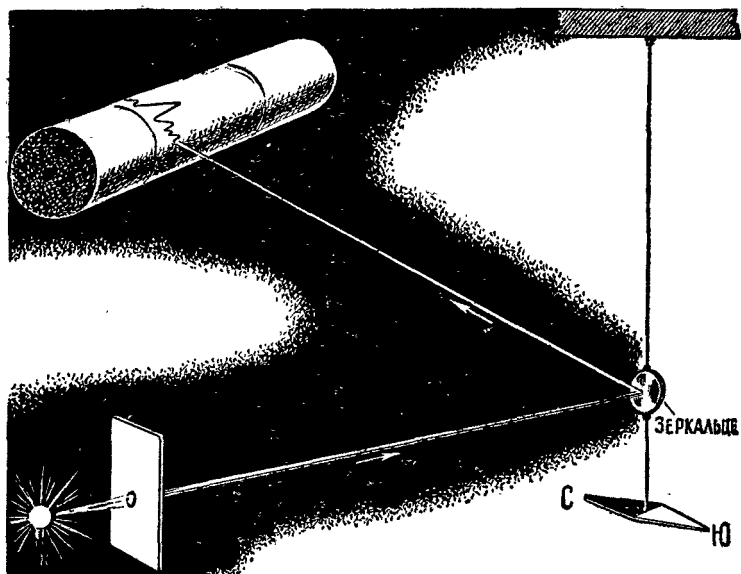


Рис. 12. Изменения земного магнитного поля вызывают колебания магнетика, в результате на фотоплёнке появляется зигзагообразная линия.

слой, а также отчасти слой F_1 , разрушаются. Здесь возникают беспорядочно перемещающиеся ионизированные облака. Иногда слой F_2 совсем исчезает.

Ионосферные возмущения наиболее сильно и чаще всего разыгрываются в полярных районах.

ЧТО ПРОИСХОДИТ НА СОЛНЦЕ

Итак, полярные сияния, ионосферные и магнитные бури — это «отголоски» некоторых явлений на Солнце, протекающих особенно бурно. Что же происходит на Солнце?

Солнце представляет собой гигантский шар из раскалённых газов. По объёму Солнце в 1 300 000 раз больше

Земли. Состоит оно в основном из двух газов: водорода и гелия.

Давно замечено, что на ослепительно яркой солнечной поверхности иногда появляются «тёмные» участки, пятна (рис. 13). В народе сложилась даже поговорка: «И на Солнце бывают пятна».

Природу этих «тёмных» участков раскрыли не сразу. Когда их обнаружили, то предположили, что это затвердевшие части солнечной поверхности. На самом деле пятна

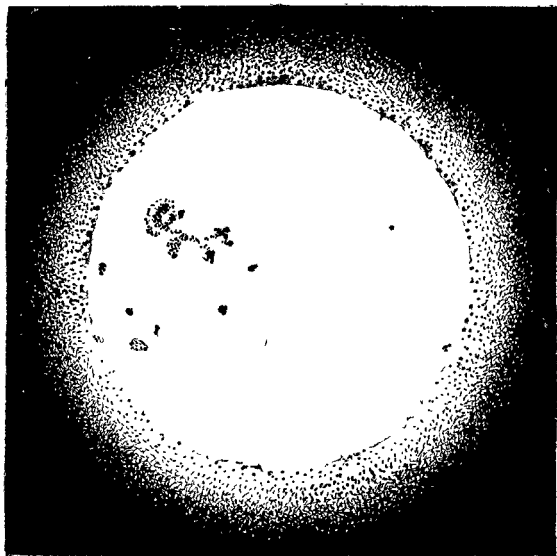


Рис. 13. На поверхности Солнца появляются «тёмные» участки — пятна.

представляют собой очаги бурной деятельности Солнца. Это огромные вихри в бушующем огненном океане. Возникнув в недрах Солнца, они поднимаются на поверхность, разбрасывая в стороны раскалённые газы. В Солнце образуется воронка. Такие вихревые извержения газообразного вещества Солнца через некоторые промежутки времени повторяются.

Так как в зоне пятен происходит быстрое расширение газов, температура там понижается, она равна примерно

4500°, в то время как на остальной поверхности Солнца температура около 6000°. Поэтому участки Солнца, где появляются вихри, светят несколько слабее и кажутся тёмными пятнами на чрезвычайно ярком солнечном диске.

Пятна очень разнообразны как по форме, так и по величине. Размеры их огромны: довольно часто они превосходят площадь любого из материков Земли. А иногда они достигают в поперечнике даже сотен тысяч километров.

В результате длительных наблюдений за солнечными пятнами замечено, что они как бы передвигаются от одного края диска к другому. Такое перемещение продолжается около двух недель. Затем пятна скрываются, а потом снова, примерно тоже через две недели, появляются.

Это доказывает, что Солнце, так же как и Земля, вращается вокруг своей оси. Но каждый оборот оно совершает не за 24 часа, а примерно за 27 суток. Вместе с вращением Солнца вращаются и пятна, то появляясь на его видимой стороне, то уходя на противоположную — невидимую сторону.

Наблюдения за солнечными пятнами ведутся уже более 300 лет. Это помогло выявить очень важные закономерности в жизни Солнца.

Обычно пятна появляются группами. Форма их непрерывно меняется; одни из них разделяются на части, другие исчезают. Среди старых пятен образуются новые. Некоторые пятна живут всего несколько часов или дней, другие существуют несколько месяцев. Когда увеличиваются количество пятен и занимаемая ими площадь, активность Солнца тоже увеличивается и достигает максимума, т. е. становится наибольшей, а когда пятен меньше, активность Солнца снижается и достигает минимума, т. е. становится наименьшей. Максимумы, а также минимумы солнечной активности наступают примерно через каждые 11 лет.

После очередного спада солнечной активности количество пятен в течение четырёх с половиной лет возрастает до максимума. В это время на поверхности Солнца разыгрываются особенно бурные явления. Затем количество пятен опять уменьшается, достигая минимума за шесть с половиной лет. Жизнь Солнца становится относительно

спокойной. В этот период на солнечной поверхности иногда целые месяцы совершенно нет пятен.

На протяжении последней четверти века максимумы солнечной активности отмечены в 1928, 1937, 1947 годах, а минимумы — в 1933, 1944 годах. Сейчас количество пятен приближается к минимуму; следующий максимум ожидается в 1959 году.

Из тех областей солнечной поверхности, где появляются пятна, вырываются мощные потоки ультрафиолетовых лучей и огромное количество корпускул, которые достигают земной атмосферы и меняют её «электрическую погоду».

Хотя эти лучи и частицы начинают свой путь одновременно, доходят они до Земли в разное время. Ультрафиолетовые лучи, как и видимый свет, распространяются с громадной скоростью, 300 000 километров в секунду. Корпускулы же движутся гораздо медленнее. Одни из них летят со скоростью нескольких сот километров, а другие — нескольких тысяч километров в секунду. Таким образом, на «путешествие» к Земле они затрачивают примерно 20—60 часов. С момента появления в нашей атмосфере самых быстрых частиц до прибытия наиболее отставших, когда поток в основном прекращается, проходит около двух суток. Именно в это время и происходят известные уже нам бурные явления в ионосфере.

В годы максимума солнечных пятен вспыхивают яркие полярные сияния, разыгрываются сильные магнитные и ионосферные бури. А когда активность Солнца становится наименьшей, эти явления происходят реже и бывают слабее.

Связь между появлением солнечных пятен и возмущениями в земной атмосфере обнаружена около 100 лет назад. 1 сентября 1859 года астрономы заметили очень яркое извержение на поверхности Солнца. Спустя 18 часов после этого на земле разразилась грандиозная магнитная буря. Посторонние токи, наведённые в металлических проводах, были настолько сильны, что на некоторых направлениях пришлось прекратить телеграфную связь.

Не только максимумы и минимумы, но все изменения солнечной активности отражаются на состоянии ионосферы. Когда количество пятен увеличивается, возрастает и ионизация, а когда их становится меньше — ионизация

падает. Особенно большие изменения происходят при этом в слое F_2 ; в слоях же E и D они значительно слабее. В течение 11-летнего периода степень ионизации верхнего слоя ионосферы изменяется примерно в три раза.

Кроме 11-летнего периода изменений в ионосфере существует также другой, более короткий период изменений в её состоянии. Об этом свидетельствует то, что полярные сияния, а также ионосферные и магнитные бури повторяются примерно через 27 дней. Такое повторение нетрудно объяснить, если вспомнить, что Солнце совершает полный оборот вокруг своей оси как раз за 27 суток.

Представим себе, что на солнечной поверхности появились пятна, которые вызвали полярные сияния и возмущения в ионосфере. Благодаря вращению Солнца эти пятна постепенно перейдут на его противоположную сторону и некоторое время будут от нас закрыты. Понятно, что их действие в течение этого времени не отразится на состоянии земной атмосферы. Через 27 дней Солнце опять повернётся к Земле той же стороной, и если пятна к этому времени не исчезнут, они снова вызовут полярные сияния и магнитно-ионосферные возмущения.

Так, изучая, что происходит в верхних воздушных слоях Земли, можно сделать важные заключения о том, как протекает жизнь Солнца.

НЕВИДИМЫЙ ОТРАЖАТЕЛЬ

Ионосфера интересует не только метеорологов и астрономов, но и радистов, которым приходится поддерживать связь на больших расстояниях.

Слушая радиопередачу, мы обычно не задумываемся над тем, какой далёкий путь приходится подчас пройти радиоволнам, прежде чем они достигнут приёмной антенны. Изучение распространения радиоволн имеет огромное значение для развития радиосвязи и радиовещания.

Источником радиоволн на радиостанциях служит передающая антенна, т. е. металлический провод, по которому пропускается электрический ток, очень часто меняющий величину и направление. В какой-то момент времени тока в антенне нет совсем. Затем он возникает и становится всё больше и больше. Достигнув определённой величины, ток начинает уменьшаться и прекращается совсем. В сле-

дующий момент ток снова появляется, но течёт уже в обратном направлении. Теперь он опять увеличивается до наибольшего значения, а затем уменьшается до нуля. Далее процесс в точности повторяется. Такие изменения тока называют электрическими колебаниями (рис. 14).

Число колебаний, происходящих за одну секунду, принято называть частотой. Для радиопередач применяются очень большие частоты. Переменный ток в электрической



Рис. 14. Так графически изображаются колебания тока в антенне.

осветительной сети совершает пятьдесят колебаний в секунду. В антенне за то же время происходят сотни тысяч и даже миллионы колебаний.

Мы уже знаем, что если по проводнику проходит ток, то вокруг него возникают магнитные силы. То же самое наблюдается и в подключённой к передающей радиостанции антенне. Она создаёт в окружающем пространстве магнитное поле. А так как протекающий в антенне ток всё время меняется, то и окружающее её магнитное поле тоже будет меняться.

Но кроме магнитного, вокруг антенны возникает ещё и электрическое поле, действующее на электрические заряды. Таким образом, протекающий в антенне быстро меняющийся ток порождает электрическое и магнитное поля. Эти изменяющиеся поля существуют не обособленно: изменение одного из них сопровождается изменением другого. Точнее говоря, они взаимозависимы и образуют единое электромагнитное поле, которое обладает замечательным свойством: оно быстро распространяется во все стороны, образуя невидимые электромагнитные волны.

Это и есть радиоволны. Зародившись около антенны, они уносятся в пространство, расширяясь подобно кругам на поверхности воды.

Чтобы радиостанции не мешали друг другу, каждая из них излучает радиоволны одной, строго определённой длины. Но как определить длину невидимой волны? Оказывается, это нетрудно сделать, если знать, с какой частотой совершаются колебания тока в антенне. Скорость распространения радиоволн равна скорости света, т. е.



Рис. 15. Волнение от брошенного в воду камня расходитя по поверхности в виде волн. AB — расстояние, на которое распространилось волнение за секунду. Разделив это расстояние на число волн (в данном случае четыре), найдём длину одной волны.

300 000 километров в секунду. Каждое полное колебание тока в антенне порождает одну радиоволну. Таким образом, если известна частота, то известно, сколько совершится колебаний в секунду, т. е. сколько возникнет радиоволн. Волны следуют вереницей, одна за другой. За секунду этот ряд волн растянется на расстояние 300 000 километров. Разделив 300 000 километров на число волн, т. е. на частоту, мы получим длину волны (рис. 15). Если частота составляет 100 000 колебаний в секунду, то длина волны будет равна трём километрам *).

В радиотехнике применяются как длинные волны, достигающие тридцати километров, так и волны, которые принято называть короткими — с длиной, составляющей десятки метров.

Тридцать лет назад, когда в радиотехнике начали применять замечательный прибор — электронную лампу, количество радиостанций стало быстро возрастать. Радио-

*) Подробнее о физической природе радиоволн см. в книге «Научно-популярной библиотеки» Гостехиздата: Ф. И. Честнов, Радиолокация, 1952 г.

станции небольшой мощности стали строить даже любители. Овладевая способом связи без проводов, радиолюбители стремились перекрыть всё более значительные расстояния, чтобы связаться с наиболее отдалёнными пунктами. В то время служебные радиостанции работали на длинных волнах. Радиолюбителям разрешали использовать волны длиной менее 200 метров.

Длинные волны хорошо огибают криволинейную поверхность земли и слабо поглощаются почвой, поэтому их считали более подходящими для беспроводной связи на больших расстояниях. Но вдруг радиолюбители, которым отвели считавшийся «бросовым» участок коротких радиоволн, начали устанавливать связь на тысячи километров. Самодельные маломощные радиопередатчики, работавшие на коротких волнах, оказались более дальнедействующими, чем длинноволновые радиостанции, обладавшие большой мощностью и высокими антеннами.

Удачные опыты радиолюбителей заинтересовали инженеров и учёных. Преимущества коротковолновой связи были очевидны. Руководитель Нижегородской лаборатории имени В. И. Ленина, крупнейший советский радиоспециалист М. А. Бонч-Бруевич, в 1925 году писал:

«Весьма вероятно, что в радиотехнике коротким волнам суждено произвести своего рода переворот, особенно после того, как удастся овладеть механизмом их распространения».

И действительно, спустя несколько лет короткие волны завоевали господствующее положение в радиосвязи. Но освоить волны этого диапазона оказалось не так-то легко. От случайных рекордов любителей-коротковолновиков до организации бесперебойной связи на коротких волнах лежал большой путь творческих исканий и напряжённого труда. Ведущая роль принадлежит здесь нашим радиоспециалистам во главе с М. А. Бонч-Бруевичем. Они разработали основы успешно развивающейся радиосвязи на коротких волнах.

Секрет дальнего действия коротких волн заинтересовал и радиофизиков. Ещё задолго до этого учёные высказывали предположение, что на большой высоте над землёй воздух обладает электропроводящими свойствами и может отражать радиоволны. Практика радиолюбителей убедительно подтвердила эту догадку. Теперь точно уста-

новлено, что роль отражателя коротких радиоволн выполняет ионосфера. Встречая идущие с земли вверх радиоволны, ионосфера отражает их под некоторым углом вниз, к земле. Вот почему короткие радиоволны легко «перепрыгивают» океаны и материки.

ПО ПУТИ РАДИОВОЛН

Путь радиоволн от передатчика до радиоприёмника зачастую бывает очень сложным и очень длинным. Радиоволны проносятся над морем и сушей, над степями и лесами, над горячими песками пустынь и снегами тундры.

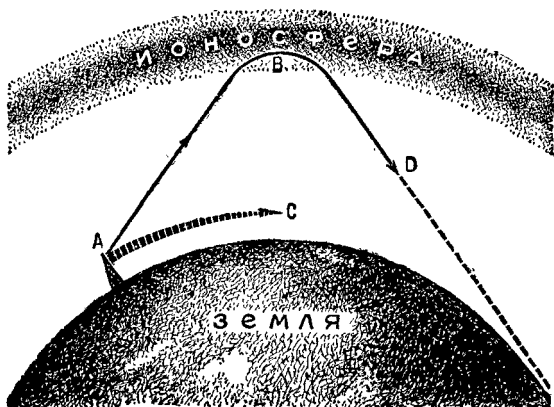


Рис. 16. Два пути распространения радиоволн: AC — путь поверхностной волны, ABD — путь пространственной волны.

Все эти участки земной поверхности обладают различными электрическими свойствами и по-разному влияют на распространение радиоволн.

Вода, почва, различные наземные предметы, встречающиеся на пути радиоволн, поглощают часть их энергии. Поэтому по мере удаления от передатчика сила электромагнитного поля радиоволн ослабевает. На большом расстоянии от передатчика сила электромагнитного поля, воздействующего на приёмную антенну, может ослабеть настолько, что радиопередачу нельзя будет принять.

Но распространение радиоволн идёт не только вдоль поверхности Земли, а во все стороны от передающей антенны, в том числе и вверх. Волна, уходящая наклонно вверх, называется пространственной, а волна, идущая у земной поверхности, — поверхностной (рис. 16).

Практическое значение имеет не только поверхностная волна. Пространственная волна под влиянием ионосферы тоже в конце концов возвращается на Землю. Встречаясь

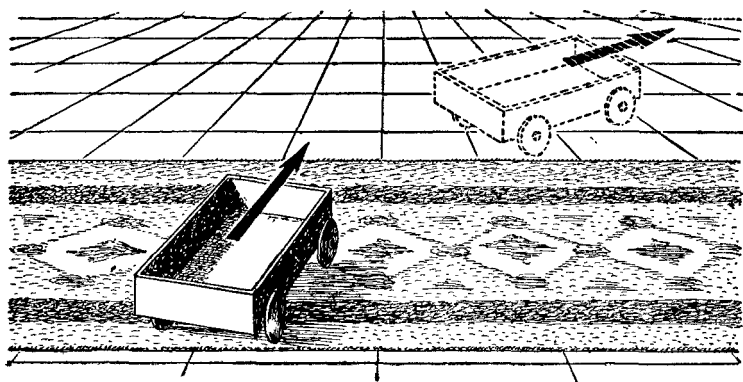


Рис. 17. Скатываясь с ковра на голый ровный пол, тележка повернёт вправо.

с ионизированными слоями воздуха, она меняет направление своего движения. Это происходит потому, что скорость волны при попадании в ионосферу возрастает. А раз волна начинает двигаться быстрее, фронт её постепенно поворачивается и путь волны искривляется.

Нечто похожее можно наблюдать в обыденной жизни. Небольшая тележка, пущенная по ковру наискосок, скатывается на голый ровный пол; если левое колесо сойдёт с ковра раньше правого, то тележка повернёт вправо, потому что при переходе с ковра на гладкий пол левое колесо, увеличивая скорость, обгонит правое (рис. 17).

Примерно то же происходит и с радиоволной, когда она попадает в ионосферу. Поднимаясь всё выше и выше в слои с большей и большей ионизацией, волна всё дальше и дальше отклоняется от своего первоначального прямолинейного пути и, наконец, поворачивает к Земле. Проис-

ходит своего рода отражение, после которого волна, посланная вверх, достигает Земли, но уже где-нибудь очень далеко от передатчика.

Способность ионосферы менять направление радиоволн имеет огромное практическое значение. «Можно сказать без преувеличения,— писал видный исследователь законов распространения радиоволн академик А. Н. Щукин,— что не будь отражения и преломления радиоволн в

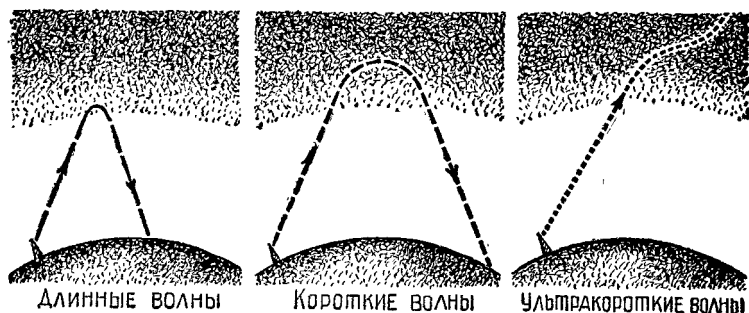


Рис. 18. Влияние ионосферы на прохождение пространственных радиоволн разной длины.

верхних слоях атмосферы, роль радио, как средства связи, сократилась бы на 90—95 %».

Воздействие ионизированных слоёв на радиоволны различной длины проявляется не одинаково. Одни из них поглощаются сильнее, другие слабее, одни испытывают незначительное преломление в ионосфере, а другие наоборот — преломляются очень сильно. Именно это и создаёт в основном то разнообразие в прохождении радиоволн, которое наблюдается в практике дальней радиосвязи. Если на каких-то волнах держать связь бывает невозможно, то на волнах другой длины работа идёт вполне успешно.

Условия распространения волн в ионосфере наиболее благоприятны для коротких волн длиной в несколько десятков метров.

Длинные радиоволны не проникают глубоко в ионосферу, а короткие волны поднимаются до самых высоких ионизированных слоёв и чем короче волна, тем выше её «потолок» (рис. 18). Именно в этом и заключается секрет

дальнодействия коротких волн. Отражаясь от слоя F_1 или F_2 , они легко достигают очень отдалённых пунктов.

Укорачивая всё более и более длину радиоволн, можно получить так называемые ультракороткие волны с длиной менее десяти метров. Эти волны уже очень слабо отклоняются ионосферой. Они пробивают её насквозь и уходят в мировое пространство. Поэтому радиосвязь на ультракоротких волнах за счёт отражённого луча возможна лишь

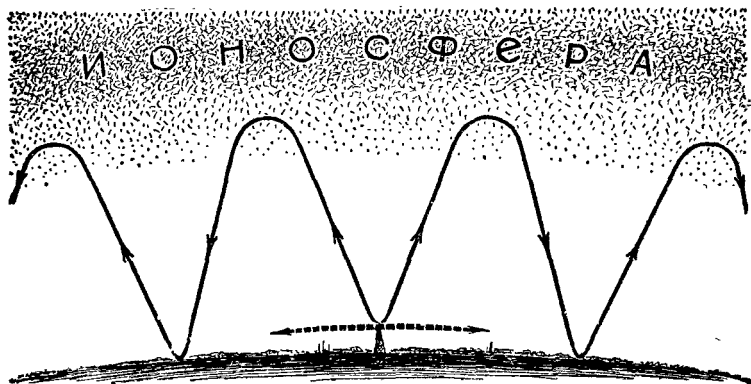


Рис. 19. При многократном отражении от ионосферы и земной поверхности короткие волны могут «пробежать» любое расстояние.

как исключение. Эти волны с успехом применяются в радиолокации, для ближней связи и передач телевидения.

Но короткие радиоволны отражаются не только от ионосферы. Вернувшись из заоблачных высот вниз, волна падает на земную поверхность, отражается вторично и снова уходит вверх (рис. 19). Так волна может испытать несколько отражений. Этим и объясняется, что на коротких волнах радиосвязь возможна на очень больших расстояниях.

В 1930 году советский радист Кренкель установил рекорд связи по радио. Работая на коротких волнах, ему удалось перекрыть самое большое расстояние на земном шаре. Кренкель зимовал на Земле Франца-Иосифа. Единственным средством связи с материком было радио.

12 января, после передачи служебных радиogramм, радист решил «прогуляться» в эфире и «встретиться» с ка-

ким-нибудь любителем-коротковолновиком. Он подал сигнал: «Всем, всем» и просил ответить ему. Вскоре Кренкель различил свой позывной и немедленно ответил. Оказалось, что его слушают на противоположной стороне земного шара. Сигналы самой северной радиостанции мира долетели до Южного полюса. Таким образом, испытав несколько отражений от ионосферы и от земной поверхности, радиоволна обогнула нашу планету и покрыла путь в 20 000 километров.

ЖИЗНЬ ИОНОСФЕРЫ И КОРОТКИЕ ВОЛНЫ

Распространяясь между двумя отражающими поверхностями — ионосферой и землёй, — радиоволны в состоянии обойти весь земной шар. Где же можно уловить

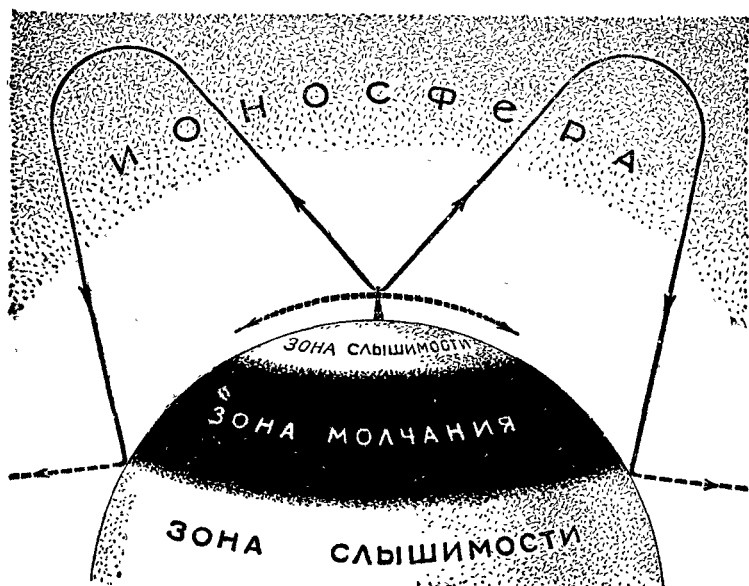


Рис. 20. Вокруг коротковолновой радиостанции образуются кольцевые зоны слышимости и зоны молчания, следующие одна за другой.

эти волны приёмной антенной? Оказывается не везде, а только в тех местах, где волны попадают на землю после отражения от ионосферы (рис. 20).

Если вокруг коротковолновой радиостанции описать круг, в пределах которого можно слышать радиопередачу, то получится сравнительно небольшая зона с радиусом всего лишь в несколько десятков километров. Это зона действия поверхностных радиоволн. Дальше начинается зона молчания, там радиопередача не слышна, потому что поверхностные волны туда доходят чрезвычайно ослабленными, а пространственные волны не попадают.

Через несколько сот, а в некоторых случаях и тысяч километров от передающей станции зона молчания кончается, и приём снова становится возможным. Сюда уже доходят волны после отражения от ионосферы. Так, при удалении от передатчика одна зона сменяется другой.

Понятно, что радиосвязь можно поддерживать только с пунктом, который расположен в зоне, куда доходят или поверхностные волны, или волны, отражённые от ионосферы.

Из этого видно, что установить связь на коротких волнах с далёким пунктом не так-то просто. Не легко добиться и того, чтобы она действовала бесперебойно. Дело в том, что состояние ионосферы чрезвычайно изменчиво. Степень её ионизации, высота слоёв ионосферы, их толщина, концентрация ионов и свободных электронов — всё это то и дело меняется. Одновременно меняются и условия распространения коротких волн. Например, с наступлением ночи степень ионизации падает. Ионосферные слои как бы удаляются от Земли, а вместе с этим поднимаются выше и точки отражения радиоволн. В результате зона приёма отражённой волны уходит дальше от передатчика. Поэтому пункт, отлично принимавший передачу днём, ночью может оказаться в зоне молчания.

В полдень, при наибольшей освещённости, ионизация всего сильнее, а в начале и на исходе дня становится слабее. Подобные перемены происходят и от сезона к сезону. Зимой период освещения меньше, поэтому степень ионизации в данной области атмосферы падает, а летом, когда период освещения больше, степень ионизации растёт. Все эти изменения влияют на условия радиосвязи.

От степени ионизации ионосферы значительно зависит поглощение радиоволн в ионосфере. Чем выше ионизация, тем больше энергии теряют радиоволны. Днём поглощение радиоволн в ионосфере в пять-десять раз больше, чем

ночью; в период максимальной солнечной активности поглощение радиоволн увеличивается почти в два раза по сравнению с поглощением их в период минимальной солнечной активности.

При неблагоприятных условиях распространения волн определённой длины даже мощный передатчик и чувствительный приёмник могут не обеспечить установления связи. Но здесь может помочь изменение длины радиоволны.

РАДИОЭХО НА РАЗВЕДКЕ ИОНОСФЕРЫ

На первых же дальних радиолиниях обнаружили, что успех связи зависит от того, насколько удачно подобрана длина рабочей волны. М. А. Бонч-Бруевич с сотрудниками установил, что работать на одной и той же волне днём и ночью нельзя. Днём передатчик необходимо настраивать на более короткую волну, чем ночью.

Зимой, как правило, работают на волнах более длинных, чем летом. Этот принцип подбора «дневной» и «ночной», «зимней» и «летней» волн, разработанный нашими учёными, применяется радистами всего мира.

Подбор волн, обеспечивающих наилучшую радиосвязь в разное время, стал возможен благодаря многолетнему изучению ионосферы и огромному количеству наблюдений за прохождением коротких волн в течение суток, сезона и года в разных направлениях и при различной активности Солнца. Ещё в 1920 году, т. е. до того как радиолюбители установили факт дальнего действия коротких волн, выдающийся советский радиоспециалист М. В. Шулейкин указывал, что ионосфера влияет на распространение радиоволн. Он впервые установил слоистое строение ионосферы и разработал основы теории преломления радиоволн в ионизированных слоях.

Когда партия и правительство поставили перед советской наукой задачу исследования воздушных слоёв, отражающих радиоволны, для разведки ионосферы была призвана сама же радиотехника. М. А. Бонч-Бруевич создал в СССР мощную ионосферную станцию. Ионосферные измерения, организованные им в 1932 году в Ленинграде, основывались на принципе радиоэха, т. е. принципа, на котором зиждется современная радиолокация.

Радиолокация — это способ определения при помощи радиоволн точного положения в пространстве самолёта, корабля или другого предмета. Радиолокационная станция посылает в определённом направлении короткую очередь радиоволн очень малой длины. Если на их пути встречается преграда, они отражаются и, как эхо, приходят обратно. По воспринятому радиоприёмником отражённому сигналу определяют, что обнаружен какой-то объект, а по времени, затраченному радиоволнами на пробег туда и обратно, легко подсчитать расстояние до объекта.

Радиопередатчик ионосферной станции, расположенный в здании Ленинградского университета, излучал прямо вверх кратковременные радиосигналы, которые после отражения от ионизированного слоя атмосферы возвращались обратно. Приёмник, установленный на другом берегу реки Невы, улавливал отражённые сигналы. Так как скорость радиоволн известна, то по времени, разделяющему момент излучения и момент возвращения радиосигнала, определяли путь, пройденный волной туда и обратно. Половина этого пути и составляет высоту ионосферы.

Теперь ионосферные измерения проводятся регулярно. Современная ионосферная станция во многом напоминает радиолокатор как по принципу действия, так и по устройству. В её состав входят расположенные рядом передатчик и приёмник с общей антенной. Передатчик посылает вверх одну за другой кратковременные очереди радиоволн, а приёмник, подключаемый к антенне во время паузы, улавливает радиосигналы, вернувшиеся после отражения от ионосферы (рис. 21).

Время, разделяющее момент излучения радиоволн и момент возвращения радиоэха, определяют при помощи замечательного прибора современной техники электронно-лучевой трубки. Подобные трубки применяются в телевизорах.

Эта трубка устроена так, что электроны, вылетающие с поверхности раскалённого металлического цилиндрика — катода, — собираются в узкий пучок и направляются на круглый экран, покрытый специальным составом. Под ударами электронов экран начинает светиться, на нём образуется светлое пятнышко. Вследствие быстрого пере-

мещения электронного пучка взад-вперёд, на экране возникает прямая светлая линия, проходящая по диаметру. Каждый раз, когда передатчик посылает вверх радиосигнал, в начале этой линии, слева, образуется острый выступ. Когда сигнал возвращается, и приёмник улавливает

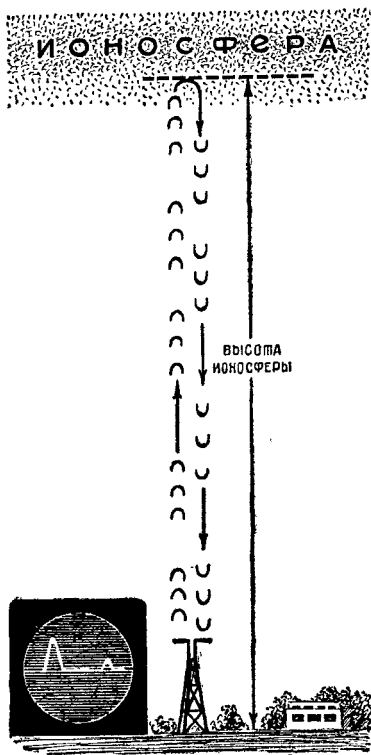


Рис. 21. Посылая вверх кратковременные радиоимпульсы, ионосферная станция улавливает отражённые сигналы, действующие на электронно-лучевую трубку. На экране над светлой полоской справа появляется острый выступ; расстояние до него от левого края полоски показывает в определённом масштабе высоту ионосферы.

радиоэхо, в правой стороне экрана, в определённом месте светящейся линии, возникает второй выступ. Чем больше времени затрачивает радиоволна на путешествие до ионосферы и обратно, тем дальше от левого выступа возникает

правый выступ. Светлая линия на экране служит для отсчёта расстояний; положение правого выступа на ней зависит от расстояния до отражающего радиоволны препятствия. Таким препятствием для коротких волн, излучаемых вверх, служит ионизированный воздух. Поэтому промежуток между светящимися выступами на экране показывает в определённом масштабе высоту ионизированного отражающего слоя.

Первые ионосферные станции вели измерения на определённых волнах. Передатчик излучал вверх радиоволны только одной длины. Такие измерения давали возможность организовать надёжную радиосвязь в определённое время суток на этой волне.

Теперь разработаны и построены более совершенные ионосферные станции. Измерения проводятся не на одной волне, а во всём диапазоне коротких волн. Передатчик станции автоматически и плавно меняет длину излучаемых волн; вместе с этим меняется и настройка приёмника. Так постепенно «прощупываются» основные слои ионосферы. Изображение, возникающее на экране трубки, непрерывно фотографируют. На фотоплёнке получается кривая линия, показывающая, на каких высотах происходит отражение различной длины радиоволн, излучаемых станцией. Эта кривая называется ионосферной характеристикой (рис. 22). Она раскрывает специалисту тайны заоблачных высот; по ней определяют, на какой высоте расположены основные слои ионосферы.

Цикл измерений на автоматических ионосферных станциях занимает несколько минут или секунд. Это позволяет следить за быстропротекающими процессами в ионосфере, наиболее полно исследовать её строение и свойства, судить о газовом составе и плотности ионосферных слоёв, о температуре и степени ионизации.

Важнейшая задача, стоящая перед исследователем ионосферы,— это изучение ионизации. Раскрытие причин ионизации, её изменения в разных слоях ионосферы в течение суток и времён года поможет глубже познать законы распространения радиоволн. А это верный путь к тому, чтобы наладить надёжно действующую радиосвязь на коротких волнах.

Обычно стараются определить предельно короткую волну, которая может ещё в результате отражения вер-

нуться обратно. Зная длину этой волны, можно определить количество свободных электронов в единице объёма воздуха на высоте, где произошло отражение. Так радиоволна, отправленная в заоблачное путешествие, помогает узнать, какова же там степень ионизации.

Ионосферная станция может измерить предельно короткую волну для каждого ионизированного слоя. При исследовании ионосферы удалось определить, что предельно короткая волна для слоёв F имеет гораздо меньшую длину, чем для слоя E . Отсюда и был сделан вывод,

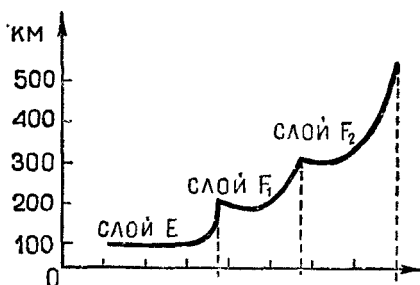


Рис. 22. Ионосферная характеристика в летний период. Чем правее точка на характеристике, тем меньше соответствующая этой точке длина отражённой радиоволны.

что количество электронов в каждом кубическом сантиметре в слоях F значительно больше, чем в слое E .

По ионосферным характеристикам, получаемым на фотоплёнке, определяют не только те уровни, где воздух наиболее ионизирован, но и находят путём расчётов распределение концентрации свободных зарядов по вертикали во всей ионосфере.

Советские учёные обратили внимание, что иногда радиоэхо показывает на экране трубки большую высоту ионизированного слоя, чем это может быть даже при отражении от слоя F_2 . Подобные случаи повторялись неоднократно. Так, при помощи радиоволн удалось нащупать новый ярус ионосферы, расположенный выше всех других. Его называли слоем G . Высота данного слоя составляет 400—600 километров, а плотность свободных зарядов в нём примерно такая же, как в слое F_2 .

Теперь ионосфера непрерывно находится под контролем ионосферных станций, количество которых всё время растёт. При их помощи учёные неотступно следят за течением физических процессов в высоких воздушных слоях.

Изучение ионосферы путём применения радиоэха ведётся вот уже около четверти века. За это время накоплен богатейший материал, представляющий большую научную ценность.

Первая постоянно действующая ионосферная станция в СССР была открыта в 1936 г. при Томском университете. Она была построена под руководством советского радиофизика В. Н. Кессениха. Многолетние исследования, проведённые этой станцией, помогли выявить изменения в ионосфере, повторяющиеся через каждые одиннадцать лет в связи с изменением солнечной активности. На основе этих данных можно предвидеть, как будет меняться ионизация на протяжении следующего одиннадцатилетнего периода.

Создание ионосферных станций — крупное завоевание радиотехники. До их появления изучение законов распространения коротких радиоволн ограничивалось только простым наблюдением за прохождением волн на той или иной линии радиосвязи. С появлением ионосферных станций специалисты получили новое мощное средство для изучения отражающего радиоволны слоя. Раскрывая тайну ионосферы, они успешно разрешают многие загадки радио.

КАКАЯ ЗАВТРА РАДИОПОГОДА

Ежедневно по радио передаётся прогноз (предсказание) погоды на завтра. Эти научные предсказания делаются на основе метеорологических наблюдений. Подобно метеорологам радиоспециалисты составляют на известные сроки вперёд прогнозы радиопогоды. Впервые такие прогнозы начали составлять в Академии наук СССР под руководством М. В. Шулейкина. Большое значение в этой области науки имеют работы А. Н. Казанцева и К. М. Косикова.

Теперь при составлении радиопрогнозов пользуются специальным атласом «карт ионизации», составленным на целый ряд лет; по атласу можно довольно точно

подобрать необходимые рабочие волны для заданного направления связи, для любого периода суток и времени года.

Предупреждения об ожидаемых возмущениях в ионосфере помогают налаживать бесперебойную радиосвязь, особенно на линиях, проходящих недалеко от магнитного полюса Земли.

Все помнят обстоятельства экспедиции на Северный полюс, организованной нашим Правительством в 1937 году. Это был год максимума активности Солнца, период образования наибольшего количества пятен.

Когда льдина группы исследователей Арктики оказалась близ восточных берегов Гренландии, радиосвязь с зимовщиками вдруг оборвалась. Их радиотелеграммы не доходили до «Большой земли». Как раз в те дни наблюдались полярные сияния. Сильные возмущения в ионосфере и вызвали нарушения радиосвязи. Группа советских специалистов, возглавлявшаяся М. В. Шулейкиным, изучила причину этих нарушений. Вскоре связь была налажена.

Ионосферным бурям сопутствуют магнитные бури, которые являются недобрым вестником для радистов. Поэтому, составляя прогноз ожидаемых нарушений связи, радиофизики интересуются не только состоянием ионосферы, но и изменениями магнитного поля Земли.

Радиопрогноз позволяет заранее принять необходимые меры для организации бесперебойной связи на том или ином направлении: переход на другие — более длинные — волны; организацию вспомогательных линий радиосвязи через другие радиостанции в обход области возмущений в ионосфере. Так предвидение, основанное на глубоком изучении природных явлений, происходящих в верхних воздушных слоях, помогает поддерживать устойчивую и бесперебойную связь на радиоперелиниях нашей необъятной страны.

В МИНУТЫ ЗАТМЕНИЯ

Учёные используют всякую возможность, которая позволяет более достоверно узнать строение ионосферы, раскрыть причины образования ионизированных слоёв. Много интересного в изучении причин иони-

зации воздуха дают наблюдения во время солнечных затмений.

Затмение Солнца — одно из величественных явлений природы. В старину не знали причины солнечного затмения и считали его чем-то таинственным, загадочным. Однако наука доказала, что ничего таинственного здесь нет. Мы теперь знаем, что затмения так же естественны, как смена дня и ночи, как чередование лета и зимы.

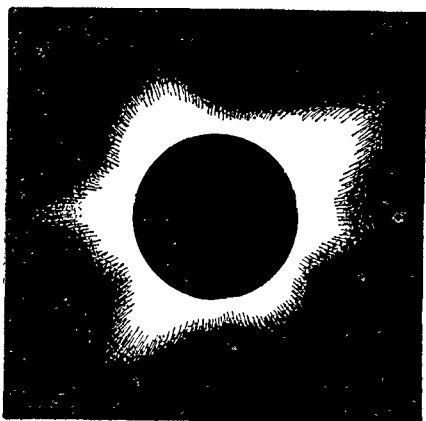


Рис. 23. Солнечная корона во время затмения.

Астрономы с точностью до нескольких секунд определяют срок наступления очередного затмения; они составили расписание затмений на много лет вперёд.

Затмения происходят вследствие того, что Луна закрывает от нас Солнце. В результате на Землю падает лунная тень. Это и есть затмение Солнца. Когда Луна загораживает собой весь солнечный диск, тогда затмение бывает полным; когда же она закрывает Солнце лишь частично, тогда наблюдается частное затмение. Полное затмение представляет собой гораздо больший научный интерес, нежели частное.

В момент полного затмения Луна заслоняет солнечный диск, но оставляет открытой его внешнюю, наиболее разрежённую часть раскалённой атмосферы — солнечную корону (рис. 23). Именно солнечная корона и представляет

собой главный предмет изучения во время затмений. Изучается спектр наружной оболочки Солнца без помехи со стороны основной доли его излучения. К сожалению, затмения очень кратковременны. Самое долгое из них продолжается не более 8 минут. Кроме того, затмения бывают видны только на очень небольшой части Земли. Тень Луны пробегает по Земле сравнительно узкой полосой; астрономы заранее определяют, где она пройдёт, чтобы выбрать наиболее удобный пункт для наблюдений.

Неоценимую помощь в изучении затмений оказывает фотография. Она даёт возможность запечатлеть на снимках все моменты столь кратковременного явления. А потом затмение подробно и внимательно изучают по его «портретам».

Среди всех наблюдений, проводимых во время затмений, видное место занимают радионаблюдения. Замечено, что когда Луна заслоняет Солнце, происходят резкие колебания силы радиоприёма, а иногда радиосвязь даже обрывается. Раскрыть причину этого — одна из задач, которую ставят перед собой радиоспециалисты.

Затмения дают возможность изучить причины образования ионосферы, ответить на вопрос: что является главным ионизатором верхних слоёв воздуха — ультрафиолетовые лучи или корпускулы, излучаемые Солнцем.

Заслоняя от нас Солнце, Луна преграждает путь всему потоку солнечного излучения, направленному к Земле, и лучам и частицам. Но ультрафиолетовая и корпускулярная тени возникают в разных местах. Почему же так происходит?

Видимый и ультрафиолетовый свет распространяются с одной и той же скоростью. Поэтому в момент затмения прекращается также и облучение места тени ультрафиолетовыми лучами. Частицы же, испускаемые Солнцем, движутся значительно медленнее света. Вследствие этого корпускулярная тень и тень ультрафиолетовая упадут на Землю в разное время. Следовательно при затмении в некоторой области атмосферы действует только один ионизатор, а действие другого прекращается. Понятно, что это немедленно скажется на состоянии ионосферы. Радионаблюдения показывают, что по мере того, как Луна всё более и более закрывает солнечный диск, степень иони-

зации становится всё меньше и меньше, достигая минимума почти в то же время, когда наступает полное затмение. А потом, когда Солнце постепенно появляется из-за лунного диска, степень ионизации становится всё больше и больше и доходит до первоначального значения почти в тот же момент, когда оканчивается затмение.

Таким образом было установлено, что ионизация значительно меняется с изменением освещённости атмосферы. Отсюда учёные сделали вывод, что основным ионизатором верхних слоёв атмосферы является ультрафиолетовое излучение Солнца.

Наиболее полно и отчётливо ход затмения отражается в изменении ионизации слоёв E и F_1 . В слое же F_2 ионизация меняется несколько иначе. Значит там, кроме ультрафиолетовых лучей, повидимому, большую роль играет и другой ионизатор — корпускулы, испускаемые Солнцем.

Чтобы выяснить, как отражается на ионосфере прекращение потока корпускул, нужно, очевидно, вести наблюдения не в зоне светового затмения, а в тех местах, куда летящие с Солнца частицы не попадают, т. е. в области корпускулярной тени. Но здесь есть серьёзное препятствие.

Если о времени и месте светового затмения известно заранее, то определить, где и когда образуется корпускулярная тень, чрезвычайно трудно, так как скорость корпускул точно ещё не известна. Не совсем выявлена также и роль этих частиц в ионизации нашей атмосферы, так как их природа до конца ещё не выяснена. Большим препятствием в изучении воздействия корпускулярного потока на ионосферу является и то, что полные затмения бывают очень редко (примерно, раз в полтора года) и длятся всего лишь несколько минут.

Кроме того, в эти считанные минуты случаются ионосферно-магнитные возмущения, нарушающие нормальное строение ионосферы, что ещё более затрудняет проведение исследований. И всё же удалось выяснить, что ионизация за счёт действия частиц, излучаемых Солнцем, по крайней мере раза в два меньше, чем за счёт ультрафиолетовых лучей. Решить этот вопрос более точно — дело ближайшего будущего.

ПО СЛЕДАМ МЕТЕОРОВ

Одно из интересных явлений, наблюдаемых в нижнем ярусе ионосферы,— это появление метеоров. Из мирового пространства в земную атмосферу постоянно влетают небольшие частицы вещества. В результате трения о воздух они сильно раскаляются и испаряются, давая яркую вспышку. В течение суток в земную атмосферу влетает огромное количество таких частиц. Падение метеора можно использовать для разведки нашей атмосферы. Недаром это явление изучают астрономы, метеорологи, радиоспециалисты и другие учёные.

Метеорные вспышки очень кратковременны, наблюдения вести за ними трудно, поэтому их фотографируют, что даёт возможность определить высоту, скорость и яркость метеора в различных точках его пути. Однако запечатлеть метеорный след на фотографической пластинке можно только ночью, когда он хорошо виден. А днём и в светлые лунные ночи метеоры незаметны.

Здесь на помощь приходит радиолокация. Правда, обнаружить метеорную песчинку радиолокационная станция не в состоянии. Метеор слишком мал, чтобы вызвать отражение радиоволн и послать радиоэхо. Но его полёт помимо свечения сопровождается ещё одним интересным явлением — ионизацией.

Частицы воздуха, встречающиеся метеору на пути, а также молекулы паров вещества самого метеора расщепляются. Образуются положительные и отрицательные ионы.

За летящим метеором, как длинный шлейф, тянется полоса из ионизированного газа, от которого и отражаются радиоволны длиной в несколько метров. Радиолокатор даёт возможность определить высоту, на которой появляется метеор, а также скорость и направление его полёта.

Огненный след от метеора тянется на несколько десятков километров. Летящие космические песчинки вспыхивают на высоте 110—120 километров и гаснут на высоте около 70 километров. Проследив за изменением яркости и скорости метеора, удаётся определить плотность и температуру воздуха на тех высотах, где он пролетел.

Некоторые метеоры оставляют за собой хорошо видимые следы, которые меняют очертания и быстро перемещаются под действием ветра. Таким образом по метеорным следам можно изучать направление и скорость воздушных течений в ионосфере. В большинстве случаев следы метеоров движутся с востока на запад. Значит, в ионосфере дуют преимущественно восточные ветры.

Иногда длинный метеорный след вдруг разделяется на две части, причём одна из них начинает перемещаться в одну сторону, а другая в другую. Это показывает, что след метеора пересекает слои воздуха, где ветры дуют в противоположные стороны.

РАДИОГОЛОС ЗВЁЗД

Радиотехника даёт возможность изучить воздушные течения не только в нижнем ярусе ионосферы, где бывают видны метеоры, но и выше. Здесь используется тот же способ, что и на ионосферных станциях. В ионосфере часто появляются чрезвычайно сильно ионизированные облака. Улавливая приходящее от них радиоэхо, можно следить за их перемещением, а значит, судить о ветре в тех слоях.

В последние годы разработан новый, весьма совершенный способ изучения воздушных течений в верхнем ярусе ионосферы. Вместо радиоволн, посылаемых наземной станцией, в нём используются волны, приходящие от далёких источников радиоизлучения, находящихся в пространстве между звёздами.

Эти источники радиоизлучения открыты сравнительно недавно. Исследуя помехи радиоприёму, 20 лет назад учёные обнаружили в радиотелефонных наушниках непрерывный слабый шипящий шум, очень походивший на собственный шум радиоприёмника. Вскоре удалось выяснить, что источником этого являются неизвестно откуда приходящие радиоволны.

Чтобы определить, с какой стороны приходят неизвестные радиоволны, использовали антенну, принимающую радиосигналы только с определённого направления (рис. 24). Исследуя такой антенной различные участки неба, заметили, что шум в наушниках то усиливался, то ослабевал. Наиболее сильным он был тогда, когда антенну

направляли на центральную часть Млечного Пути. Так выяснили, что этот шум вызывается радиоизлучением огромных облаков чрезвычайно разрежённого газа, находящихся между звёздами Млечного Пути, а также радиоизлучением туманностей и далёких звёздных систем (галактик).

Оказывается не все космические радиоволны могут проникнуть через воздушную оболочку Земли и подействовать на радиоприёмник. Волны длиной короче

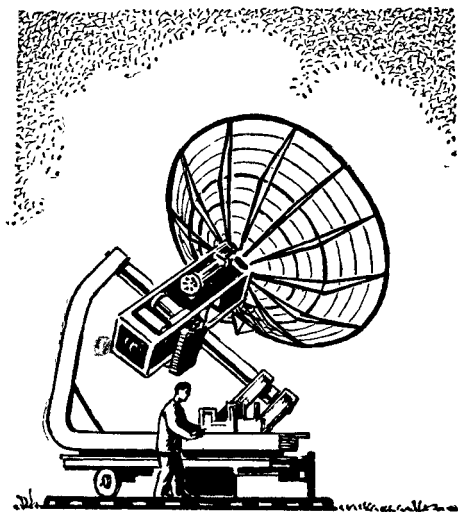


Рис. 24. Радиотелескоп — высокочувствительное приёмное устройство, предназначенное для приёма космических радиоволн.

1 сантиметра земная атмосфера поглощает, а волны длиной более 20 метров отражаются от ионизированных слоёв и уходят обратно в мировое пространство. Таким образом, помимо светового «окна», через которое до сих пор наблюдали вселенную, есть другое «окно» в нашей атмосфере, пропускающее к Земле радиоволны длиной от 1 сантиметра до 20 метров. Через это второе «окно» можно изучать при помощи радиоприёмников многие небесные тела, в том числе Солнце и Луну, туманности, а также процессы, происходящие в далёких глубинах межзвёздного про-

странства. Но это делать не легко. Космическое радиоизлучение весьма незначительно по своей силе. Его можно обнаружить только радиоприёмными устройствами очень высокой чувствительности.

На приём космического излучения чрезвычайно сильно влияет состояние ионосферы. Изменения в ионосфере не только нарушают радиосвязь, но и вызывают резкие колебания в доходящем до нас звёздном радиоизлучении. Эти колебания можно назвать радиомерцанием, так как по своему характеру они подобны световому мерцанию звёзд.

Вы замечали, как светящаяся точка звезды в глубине ночного неба мигает и чуть-чуть дрожит. Кажется, будто звезда совершает слабые колебания и, кроме того, меняет свою яркость и цвет. На самом деле это явление мерцания вызывается преломлением световых лучей в атмосфере.

Проходя из одного слоя воздуха в другой, луч несколько меняет своё направление и дальше идёт уже другим путём. А в расположении воздушных слоёв, в их состоянии и свойствах всё время происходят изменения. Это и приводит к тому, что лучи звезды то сходятся, то несколько расходятся. В результате в глаз попадает то больше, то меньше света, и это воспринимается как изменение яркости звезды.

Кроме того, быстрые перемены в направлениях проходящих лучей создают впечатление, что световой источник — звезда — всё время меняет своё положение, и нам кажется, что она дрожит, хотя в действительности всё это вызывается переменами в условиях прохождения света в нашей атмосфере. Хорошо известно, что когда вверху дуют сильные ветры, то мерцание звёзд усиливается.

Радиомерцание тоже порождается воздушной оболочкой Земли; главную роль здесь играет «электрическая погода» верхнего слоя ионосферы. Космические источники радиоизлучения время от времени заслоняются от нас ионизированными облаками слоя F_2 , подобно тому, как обычные облака загораживают иногда Солнце. При набегавшем облачке солнечная освещённость становится иной, чем в моменты прояснения. Подобно этому может измениться и доходящее до нас космическое радиоизлуче-

ние, когда его источник скроется за ионизированным облаком. Наблюдения за радиомерцанием дают возможность проследить за перемещением ионизированного облака и тем самым определить, куда и с какой скоростью дует в ионосфере ветер.

С этой целью на расстоянии нескольких километров одна от другой были установлены радиоприёмные станции. Их антенны, обращённые к небу, воспринимали радиоизлучение наиболее «ярких» космических источников. Сила шума, порождаемого этим излучением, подвергалась строгому контролю — её измеряли с большой точностью. И вот что было замечено. Если на одной из станций отмечалось радиомерцание, то спустя немного времени такое же изменение «радиояркости» обнаруживали наблюдатели и на второй станции. Оба явления порождались одной и той же причиной — прохождением ионизированного облака.

Отметив моменты, в которые радиомерцание одного и того же характера обнаружено наблюдателями обеих станций, можно сказать, сколько времени затрачивает облако на прохождение пути от одной до другой станции. А так как расстояние между ними заранее известно, то легко определить и скорость, разделив путь на время. Такие наблюдения, проведённые в 1949—1950 годах, показали, что на высоте, превышающей 300 километров, дуют сильные ветры. Воздушные массы перемещаются со скоростью около 100 метров в секунду, что составляет 360 километров в час. Можно надеяться, что новый способ изучения ионосферы поможет глубже раскрыть её природу, даст возможность более подробно изучить «жизнь» самых высоких ионизированных слоёв.

ЛЕТАЮЩАЯ ЛАБОРАТОРИЯ

Научный штурм заоблачных высот ведётся и другими способами. Теперь на разведку верхних воздушных слоёв посылают даже ракеты. Они поднимаются уже на сотни километров, то-есть на такую высоту, которая до недавнего времени была доступна лишь радиоволнам.

Идея о применении ракет для исследования атмосферы и небесных тел принадлежит знаменитому советскому учёному-изобретателю К. Э. Циолковскому. Он всю

жизнь посвятил разработке летательных аппаратов и заложил основы быстро развивающейся техники высотных полётов.

Ракета, уходящая круто вверх, отправляется за ценнейшими научными данными. Она несёт в ионосферу разнообразные и притом первоклассные приборы: счётчик космических частиц, термометр, камеры для взятия проб воздуха на различных высотах, фотоаппараты, радиостанцию и др.

В сущности такая ракета — это стремительно мчащаяся маленькая лаборатория. Так как ракета летит без человека, то работа всех приборов автоматизирована. В определённые моменты полёта ракета выбрасывает густые клубы дыма. Наблюдая за их перемещением, определяют силу и направление ветра на разных высотах.

Когда ракета достигает своего «потолка», она на мгновение останавливается, а затем начинает падать. Чтобы сохранить приборы, а вместе с ними и многие результаты исследований, ракету снабжают парашютом.

Ракеты только начинают свои рейсы в ионосферу. Придёт время, когда ракета поднимет туда и человека. Чем полнее мы познаем воздушную стихию и глубже изучим её законы, тем легче будет подчинить её.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ионосфера — самая высокая и самая обширная область воздушной оболочки нашей планеты. Занимаемый ею объём в несколько раз превосходит объём воздуха, расположенного ниже. Но общая масса воздуха в ионосфере составляет менее одной двухсотой части массы атмосферы.

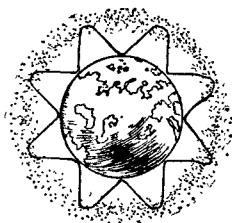
Ещё сравнительно недавно все верхние слои земной атмосферы считались областью, полной загадок. Теперь уже многое выяснено.

В мире нет непознаваемых вещей и явлений, есть вещи и явления, ещё не познанные. Тысячи нитей, подчас ещё не открытых нами, связывают одно явление природы с другим. И если где-либо происходит тот или иной физический процесс, благодаря этой связи вещей и явлений он может быть обнаружен и исследован. Так, напри-

мер, используя доходящий до нас свет, мы изучаем звёзды, удалённые от Земли на многие миллиарды километров.

Ионосфера тоже существует не изолированно, а в тесном взаимодействии с окружающим миром: с другими слоями воздушной оболочки Земли, с солнечным излучением, метеорами, радиоволнами. Это взаимодействие порождает явления, которые дают возможность приоткрыть завесу неизвестного и заглянуть на не доступные пока человеку высоты над Землёй.

Картина ионосферы, нарисованная современной наукой, остаётся далеко не законченной. Много ещё открытий ждёт здесь учёных. Советские исследователи смело идут вперёд в своих исканиях, стремясь наиболее полно познать тайны воздушного океана.



СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Рождение ионов	4
Четыре яруса ионосферы	9
Почему светло в сумерки	11
О чём рассказывает свет ночного неба	13
Полярные сияния	16
Бури в ионосфере	23
Что происходит на Солнце	25
Невидимый отражатель	29
По пути радиоволн	33
Жизнь ионосферы и короткие волны	37
Радиозохо на разведке ионосферы	39
Какая завтра радиопогода	44
В минуты затмения	45
По следам метеоров	49
Радиоголос звёзд	50
Летающая лаборатория	53
Заключение	54

Цена 80 коп.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

- Вып. 50. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Радиолокация.
Вып. 51. Проф. К. К. АНДРЕЕВ. Взрыв.
Вып. 52. Д. А. КАТРЕНКО. Чёрное золото.
Вып. 53. Г. А. АРИСТОВ. Солнце.
Вып. 54. К. Б. ЗАБОРЕНКО. Радиоактивность.
Вып. 55. А. Ф. БУЯНОВ. Новые волокна.
Вып. 56. М. А. СИДОРОВ. От лучины до электричества.
Вып. 57. И. Г. ЛУПАЛО. Наука против религии.
Вып. 58. А. М. ИГЛИЦКИЙ и Б. А. СОМОРОВ. Как печата-
ют книги.
Вып. 59. В. К. ЩУКИН. Штурм неба.
Вып. 60. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Пьезоэлектричество.
Вып. 61. Ф. Д. БУБЛЕЙНИКОВ. Земля.
Вып. 62. С. А. МОРОЗОВ. По земле, воде и воздуху.
Вып. 63. Г. И. БУШИНСКИЙ. Происхождение полезных
ископаемых.
Вып. 64. А. В. ЧУЙКО. Необыкновенный камень.
Вып. 65. А. П. ЛЕБЕДЕВ и А. В. ЕПИФАНЦЕВА. О чём
рассказывают камни.
Вып. 66. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. Сколько звёзд
на небе.
Вып. 67. Проф. Н. С. КОМАРОВ. Искусственный холод.
Вып. 68. Проф. С. К. ВСЕХСВЯТСКИЙ. Как познавалась
вселенная.
Вып. 69. Проф. В. Т. ТЕР-ОГАНЕЗОВ. Солнечные затмения.
Вып. 70. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Загадка ионосферы.